

**Projeto, planeamento e acompanhamento de obra em
AVAC – Estágio na empresa
Climacer – Climatização do Centro, Lda**

Relatório de estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Equipamentos e Sistemas Mecânicos

Autor
Luís Miguel Correia de Almeida Rodrigues Néry

Orientador:
João Malça
Professor Adjunto, ISEC

Supervisor na empresa:
Paulo Festas
Diretor de Produção,
Climacer – Climatização do Centro, Lda

Coimbra, janeiro de 2013

AGRADECIMENTOS

Não poderia terminar o presente relatório de estágio sem prestar reconhecimento a todas as pessoas e instituições que me ensinaram, ajudaram e acompanharam ao longo da realização deste trabalho. Assim sendo, expresso os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor João Malça, orientador do presente relatório, por todo o apoio prestado, disponibilidade, dedicação e pela leitura crítica. Não posso também deixar de referir a transmissão de conhecimento e o incentivo, sem os quais não o teria conseguido realizar;

A toda a equipa e colaboradores da empresa Climacer – Climatização do Centro, Lda, pela ajuda e facilidades concedidas durante a realização do estágio em especial ao Engenheiro Paulo Festas;

À minha família; minha mãe Ana Bela, meu pai Luís Manuel, minha irmã Arminda Sofia, pela paciência, carinho, amizade, apoio, e acima de tudo, pela confiança que sempre depositaram em mim e me fizeram acreditar que seria capaz;

A todos os meus amigos, companheiros e colegas que sempre me acompanharam nesta caminhada;

À minha namorada Ângela Maria, por estar sempre ao meu lado, pela paciência, carinho, apoio e amizade prestada desde sempre.

RESUMO

Ao abrigo do Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos, ramo de Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, o aluno pode, no segundo ano letivo, optar pela realização de um Estágio Curricular. Assim, este Relatório de Estágio constitui-se como documento final de curso e descreve as atividades desenvolvidas no decorrer do estágio na empresa Climacer, Climatização do Centro Lda. durante o ano letivo de 2011/2012.

A área de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) é a atividade capital da empresa. Deste modo, o documento agora apresentado insere-se no âmbito de projeto e instalações de sistemas de AVAC.

O estágio iniciou-se por um conhecimento geral da empresa, desenvolvendo-se posteriormente em três fases principais: a fase de Projeto, na qual se elaborou uma remodelação de um projeto de AVAC, (capítulo 2); a fase de Orçamentação, em que se realizaram inúmeros orçamentos, quer concursos públicos, quer privados (capítulo 3) e a fase de Direção de Obra, onde se acompanharam cinco obras, passando por todas as fases que um processo de obra contém, acompanhando individualmente, na parte final do estágio, uma obra por completo (capítulo 4).

As duas primeiras fases (Projeto e Orçamentação) foram preponderantes para o desempenho na Direção de Obra. Nesta última fase, a capacidade de analisar problemas em obra e de encontrar as soluções mais adequadas de forma autónoma foi crucial.

Com a realização do presente estágio, foi possível aplicar a aprendizagem teórica e adquirir uma vasta experiência prática em contexto profissional.

Palavras-chave: Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado, Projeto, Orçamentação, Direção de Obra

ABSTRACT

The Master's degree in Equipment and Mechanical Systems at the Department of Mechanical Engineering of ISEC/Coimbra Polytechnic Institute offers, in its final year, an internship program for students with on-the-job experiences in industrial enterprises. This final report describes the various activities performed during the internship at the company Climacer – Climatização do Centro, Lda, in the academic year 2011/2012.

The main activity of Climacer is in the Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) field. As such, this document falls within the scope of HVAC systems, namely in what concerns the design, planning and installation of these systems.

The internship started with a general overview of the company, and evolved in three main phases: the Design phase, where was developed a remodeling project HVAC, (Chapter 2); the Budgeting phase, where numerous budgets were performed, both public and private (chapter 3) and Installation of HVAC Systems' phase, where accompaniment was given to five HVAC systems' installation, passing through all phases of the process, tracking individually at the end of internship a systems' installation (chapter 4).

Design and Budgeting of HVAC systems proved to be core activities in preparing the final stage of the internship: field supervision and engineering support during HVAC systems' installation.

The internship was an effective way of putting into practice the theoretical knowledge acquired in the MESM course, as well as training the ability for solving problems in day-to-day HVAC practice.

Keywords: Heating, Ventilation, Air Conditioning, Design; Budgeting, and Installation

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Objetivo e apresentação do estágio.....	1
1.2.	Apresentação da empresa.....	2
1.3.	O Setor do AVAC.....	3
1.4.	Sistemas de climatização.....	5
1.4.1.	Sistemas em função da área climatizada.....	5
1.4.2.	Sistemas em função do fluido térmico.....	7
2.	PROJETO.....	11
2.1.	Introdução.....	11
2.2.	Sistema preconizado.....	12
2.3.	Caracterização do edifício.....	12
2.4.	Base de cálculo e dimensionamento.....	14
2.5.	Caudais de ar novo.....	17
2.6.	Metodologia do cálculo térmico.....	19
2.6.1.	Modelação do edifício.....	20
2.6.2.	Simulação dinâmica.....	23
2.6.3.	Resultados obtidos.....	23
2.6.4.	Seleção de equipamentos.....	26
2.6.4.1.	Descrição geral dos equipamentos.....	26
2.6.4.2.	Sistema VRV.....	30
2.6.4.3.	Sistema de aquecimento central.....	33
2.6.4.4.	Sistema para águas quentes sanitárias.....	35
2.7.	Resumo e limitações.....	38
3.	ORÇAMENTAÇÃO.....	39
4.	DIREÇÃO DE OBRA.....	41
4.1.	Análise do projeto.....	42

4.2.	Preparação de obra	49
4.3.	Execução da obra	51
4.4.	Fecho de obra.....	56
5.	OUTRAS TAREFAS DESENVOLVIDAS.....	59
6.	CONCLUSÃO	61
7.	BIBLIOGRAFIA.....	63
8.	ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema VRV (Mitsubishi Electric 2011).	6
Figura 2 - Sistema "tudo-ar" VAC multizona (Miraldo 2009).	8
Figura 3 - Sistema "tudo-ar" VAV (Miraldo 2009).	9
Figura 4 - Planta do edifício (AutoCad TM , 2012).	13
Figura 5 – Valores tipo de eficiência de ventilação (Miraldo 2009)	17
Figura 6 - Vista geral do ambiente de trabalho (CYPE TM , 2012).	21
Figura 7 - Vista 3D do edifício modelado (CYPE TM , 2012).	21
Figura 8 - Edição do compartimento “quarto duplo” (CYPE TM , 2012).	22
Figura 9 – Unidade exterior e unidades interiores VRV tipo mural e ligação por condutas (Mitsubishi Electric 2011).	27
Figura 10 - Radiadores de Alumínio (Roca 2011).	28
Figura 11 - Coletor Solar Térmico (Roca 2011)	29
Figura 12- Características de consumo (Solterm TM , 2007).	36
Figura 13 - Pedido de Esclarecimento 1 (CCMI, Leiria).	43
Figura 14 – Pedido de Esclarecimento 2 (CCMI, Leiria)	47
Figura 15 - Exemplo de FTAM de roof-top (CCMI, Leiria).	50
Figura 16 - Quadro de potências de AVAC (CCMI, Leiria).	51
Figura 17 - Exemplo de montagem de conduta (CCMI, Leiria)	52
Figura 18 - Preparação da conduta de retorno da Roof-top, refeitório 0 e polivalente (CCMI, Leiria)	53
Figura 19 - Curva de seleção do ventilador Modulys Ext 500B (France Air, 2011)	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Perfis de ocupação, iluminação e equipamento em Hotéis de 4 e 5 estrelas (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)	14
Tabela 2 – Perfis constantes da iluminação exterior, lavandarias, cozinhas e estacionamento (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)	15
Tabela 3 - Caudais mínimos de ar novo para o projeto (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)	16
Tabela 4 - Dados climáticos de referência para o concelho de Castanheira de Pêra	16
Tabela 5 - Valores de Caudal de Ar Novo para cada espaço	18
Tabela 6 - Cargas Térmicas de Aquecimento e Arrefecimento dos Espaços.....	24
Tabela 7 – Excerto da Seleção das Unidades Interiores do sistema VRV.	31
Tabela 8 - Seleção das Unidades Exteriores do sistema VRV.....	33
Tabela 9 – Seleção das unidades terminais (radiadores) do sistema de Aquecimento Central.....	34
Tabela 10 - Balanço energético anual (10 coletores solares).	37
Tabela 11 - Balanço energético anual (6 coletores solares)	37
Tabela 12 - Balanço energético anual (8 coletores solares)	37
Tabela 13 - Caudal de ar novo de projeto (CCMI, Leiria).....	44
Tabela 14 - Cálculo dos caudais de ar novo e comparação com os caudais de projeto (CCMI, Leiria)	45
Tabela 15 - Cálculo dos caudais de ar novo corrigidos (CCMI, Leiria).....	48

ABREVIATURAS

ADENE	Agência para a Energia
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
AQS	Águas Quentes Sanitárias
MNEL	Materiais Não Ecologicamente Limpos
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios
UPAQ	Unidade Produtora de Água Quente
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
VAC	Volume de Ar Constante
VAV	Volume de Ar Variável
VRV	Volume de Refrigerante Variável

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo e apresentação do estágio

O relatório que se apresenta de seguida visa descrever o trabalho desenvolvido durante o estágio na empresa Climacer, Climatização do Centro, Lda. durante o período de nove meses, compreendido entre Janeiro e Setembro de 2012.

O estágio teve o objetivo de integrar de forma progressiva o aluno no mercado de trabalho, mais especificamente no setor do AVAC, ter noção do funcionamento de uma empresa desta área e aprofundar as competências científicas e técnicas adquiridas no curso superior de Mestrado em Equipamentos e Sistema Mecânicos (MESM) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

Pretendeu-se também que o aluno desenvolvesse aptidões relacionadas com a área de projeto, tomando decisões acertadas no dimensionamento de redes aerólicas e hidráulicas, bem como na seleção de equipamentos, sempre supervisionado por um Engenheiro com bastante experiência na área.

Numa primeira fase, o estágio desenvolveu-se na empresa Climaresidence, empresa do grupo Climacer, especificamente direcionada para o sector doméstico, efetuando pequenas instalações de AVAC em habitações privadas, ou pequenas intervenções em edifícios de serviços. A permanência na Climaresidence teve como principal objetivo a integração no seio da empresa Climacer, visto que ambas desenvolvem serviços nas mesmas instalações. Esta fase iniciou-se com o apoio a uma remodelação de um ginásio. Foi solicitado pelo dono de obra um sistema de ventilação com recuperação de calor, pelo que foi dimensionado a rede aerólica, a difusão de ar, e foi selecionado o ventilador (com recuperação por fluxos cruzados).

Numa segunda fase, apoiou-se a remodelação de um sistema de aquecimento central por radiadores de uma habitação privada. Foi necessário fazer o levantamento dos dados, isto é, determinar a potência necessária (número de elementos de radiadores) e selecionar a respetiva caldeira. Para esta empreitada efetuou-se um estudo de viabilidade entre vários combustíveis (Gás, Eletricidade e Biomassa) tendo-se sugerido uma caldeira a biomassa (pellets). Este sistema foi aceite pelo proprietário e posteriormente instalado.

Numa fase posterior deu-se a integração na empresa Climacer, com a realização de pequenas tarefas de medições, nomeadamente contagem dos principais equipamentos presentes no projeto assim como medição da rede aerólica e da rede hidráulica em obras que estivessem em fase final de negociação. Esta função teve como objetivo a interação com o software AutocadTM, assim como a familiarização com projetos de grandes edifícios de serviços.

Por fim, passou-se para o processo de orçamentação, bem como o apoio ao projeto e direção de obra. Estes três processos serão descritos em detalhe nos capítulos 2, 3 e 4.

1.2. Apresentação da empresa

A empresa Climacer – Climatização do Centro, Lda. data do ano de 1990, apostando na área de instalação de sistemas de ar condicionado, ventilação, aquecimento central, eletricidade e canalizações.

Até 1992, com umas pequenas instalações, a empresa limitava-se a obras de reduzida dimensão.

Em 1993, a empresa transferiu as suas instalações, aumentando a sua área e assumiu um carácter mais técnico, desenvolvendo a área de projeto, o que permitiu oferecer um serviço integrado. Procurando reforçar a autonomia de produção a empresa passou a fabricar condutas e acessórios para ventilação e ar condicionado, tendo duplicado a área das suas instalações.

Dado o seu grande crescimento estrutural, em 2006 a empresa construiu novas instalações em Trouxemil, as quais ainda ocupa. A nova unidade, de maior dimensão e modernidade, permitiu centralizar os serviços e criar melhores condições de trabalho.

A Climacer – Climatização do Centro, Lda. é hoje uma empresa sólida e reconhecida pelo mercado, tendo ao seu serviço uma equipa técnica altamente qualificada, composta por cerca de quatro dezenas de colaboradores, realizando trabalhos em todo o país (www.climacer.com).

1.3. O Setor do AVAC

A função elementar de um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) é criar conforto. Pode-se definir conforto de um modo simples, como condições que fornecem às pessoas um determinado nível de bem-estar para desempenharem as suas funções. Se o que se procura é conforto e, sabendo que nem todas as pessoas são iguais, quando é que se considera que um ambiente é desconfortável? Assume-se que é quando 20% ou mais das pessoas estão insatisfeitas com as condições. Assim, esse ambiente considera-se desconfortável (Alexandre, 2006).

O setor do AVAC está dependente de uma grande variedade de sistemas mecânicos, elétricos e eletrónicos. Estes sistemas permitem controlar, entre outros, os valores de temperatura, humidade e a qualidade do ar no interior de um espaço. Este controlo é fundamental nos edifícios que hoje conhecemos, dado que cada vez é maior a permanência das pessoas no interior dos edifícios.

Desde há largos milhares de anos que as condições climatéricas obrigaram o Homem a procurar abrigos contra a chuva, vento, calor e frio. A utilização de espaços naturais era manifestamente insuficiente. A construção de pequenas habitações rudimentares foi ao longo dos anos melhorando a qualidade de vida, mas ainda assim ficava muito aquém do que o Homem atual exige como uma habitação confortável. No contexto arquitetónico moderno, as exigências de conforto térmico vão muito além da sobrevivência e envolvem sistemas complexos para controlo da temperatura e humidade relativa, dentro dos parâmetros de conforto e por fim a qualidade do ar que influenciam a saúde e a satisfação dos ocupantes (Roriz, 2007).

Desde esses tempos até hoje, com o avanço da tecnologia as comodidades foram crescendo, o que levou também a um aumento dos custos. As comodidades traduzem um acréscimo no investimento, assim como um maior consumo de recursos, e consequentemente, um aumento para a poluição do Planeta.

O consumo de energia associado ao conforto aumentou drasticamente nos últimos anos, sendo uma das parcelas mais significativa no consumo energético de um edifício. Em termos de utilizações finais, os consumos de energia nos edifícios residenciais distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: cozinhas e águas quentes sanitárias 50%, climatização 25%, sendo os restantes 25% destinados à iluminação e equipamentos

eletrodomésticos (Isolani, 2008). A melhoria da qualidade das condições no interior dos edifícios traduz-se num elevado gasto de recursos energéticos e num forte aumento da poluição ambiental. Houve a preocupação da utilização racional de energia em edifícios e no controlo da poluição ambiental, associada ao sector da climatização.

Hoje em dia, garantir o máximo conforto nas habitações e edifícios de serviços requer que haja ponderação nos gastos dos recursos energéticos, isto é, garantir melhorias das condições, mas de forma sustentada, conforme é definido num dos objetivos do Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril. Os recursos do Planeta devem ser usados de forma sustentável, garantido a disponibilidade desses mesmos recursos às gerações futuras (Roriz, 2007).

É também necessário garantir a saúde dos ocupantes dos edifícios, proporcionando a Qualidade do Ar Interior (QAI). A preocupação com a Qualidade do Ar Interior tem origens no tempo passado em espaços fechados. Uma má QAI pode ter consequências graves na saúde, sobretudo no aumento de patologias respiratórias e dermatológicas, alergias e doenças crónicas, afetando também o bem-estar e a produtividade dos ocupantes. As principais fontes que afetam a QAI num edifício são, entre outros, o fumo de tabaco, vernizes, tintas, produtos de limpeza, gases emitidos por seres humanos (suores, ar expirado, etc.) e até sistemas de AVAC com manutenção deficiente (France Air, 2011).

Todos estes pontos são questões impostas nos regulamentos atualmente em vigor e é devido às situações apresentadas, que um sistema de AVAC é essencial para o conforto, quer em edifícios de serviços, quer em edifícios residenciais.

1.4. Sistemas de climatização

De forma a distinguir a panóplia de sistemas de climatização existentes no mercado, pode-se efetuar uma classificação destes sistemas em função da área servida e do tipo de fluido térmico (Roriz, 2007).

Neste relatório, apenas se apresentam, de forma resumida, os sistemas de climatização utilizados no capítulo 2 (Projeto).

1.4.1. Sistemas em função da área climatizada

O atual Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) diz no n.º.1 do Artigo 14.º que *“Em todos os edifícios de serviços novos, bem como nos existentes sujeitos a grande reabilitação, sempre que a soma das potências de climatização das frações autónomas num edifício, e para um mesmo tipo de uso, seja superior a 4 Pm (100 kW), é obrigatoriamente adotado um **sistema de climatização com produção térmica centralizada (...)**”*.

Também no n.º.8 do mesmo Artigo 14.º se afirma que *“**O recurso a unidades individuais de climatização** para aquecimento ou arrefecimento em edifícios de serviços licenciados posteriormente à data da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º.118/98, de 7 de Maio, ou em cada uma das suas frações autónomas, só é permitido nos espaços que apresentem cargas térmicas ou condições interiores especiais em relação às que se verificam na generalidade dos demais espaços da fração autónoma ou edifício, ou não ultrapassarem 12 kW de potência instalada de ar condicionado por edifício ou fração autónoma (...)*”. Deve-se então distinguir sistema de climatização com produção térmica centralizada de um sistema de unidades individuais. Esta divisão é efetuada em função da área a climatizar.

Um sistema com produção térmica centralizada serve a totalidade, ou grande parte de um edifício, ou seja, uma vasta área. Uma unidade produtora primária (e.g. chiller, caldeira) fornece frio ou calor a um fluido primário, que irá permutar com um fluido secundário (geralmente água) percorrendo as várias unidades que estão dentro dos espaços a climatizar (e.g. ventiloconvectores, radiadores).

Um sistema de Volume de Refrigerante Variável (VRV) também é considerado um sistema de produção térmica centralizada, recorrendo a um circuito de fluido frigorigéneo que vai até aos locais a climatizar (Figura 1). Um sistema VRV é constituído por uma ou mais unidades exteriores e diversas unidades interiores. O número máximo de unidades interiores, por unidade exterior, depende do fabricante, podendo atingir várias dezenas.

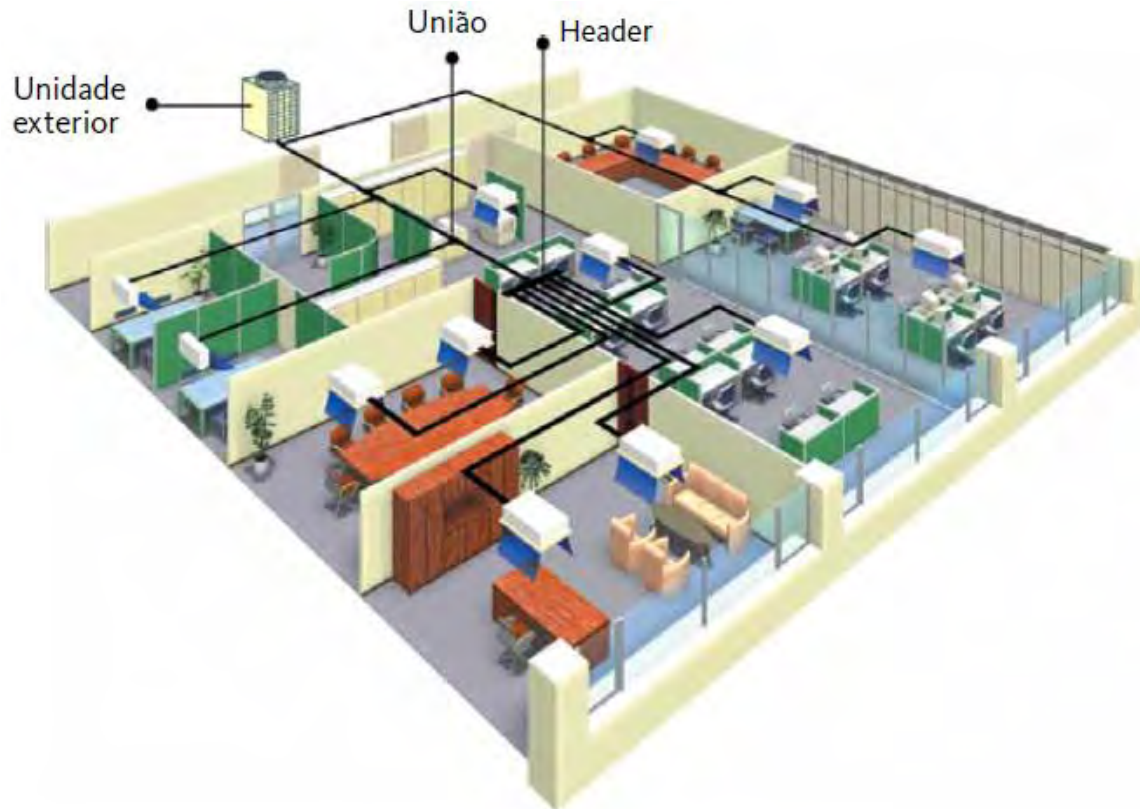


Figura 1 - Sistema VRV (Mitsubishi Electric 2011).

No caso de um sistema de unidades individuais, apenas se climatiza um espaço do edifício. Para tal usa-se uma unidade exterior que permuta energia térmica com uma única unidade interior. Estes sistemas são também denominados de sistemas “split”.

Existem ainda sistemas “multi-split”, onde uma unidade exterior através de um único fluido permuta energia térmica para climatizar grandes zonas abertas, “open-space”, ou um número reduzido de espaços.

Os sistemas multi-split suscetibilizaram alguma incoerência na divisão de sistemas em função da área a climatizar, mas estes não se podem comparar a um sistema VRV. Devem

ser incluídos no grupo das unidades individuais de climatização, visto que, o número de espaços que é possível climatizar é reduzido.

1.4.2. Sistemas em função do fluido térmico

Um sistema de climatização também pode ser classificado em função do fluido térmico utilizado. Esta classificação é habitualmente feita em três grupos: “sistemas tudo-ar”, “sistemas-ar-água” e sistemas “tudo-água”, para além dos sistemas com fluido frigorigéneo (e.g. unidades de janela, multi-split e VRV) já referidos na seção anterior.

- **Sistemas “tudo-ar”:**

Nos sistemas tudo-ar, a climatização dos espaços é feita unicamente pelo ar. O ar é tratado (arrefecido ou aquecido) numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA) e é posteriormente insuflado no espaço. Existem duas conceções base: os sistemas de conduta dupla e os sistemas de conduta única.

No primeiro, numa das condutas circula ar frio e na outra ar quente, sendo que antes de ser insuflado no espaço, o ar é misturado numa caixa de mistura, de forma a obter a temperatura de insuflação desejada. Este sistema é pouco utilizado devido aos elevados custos iniciais e ao grande volume que ocupa.

No sistema de conduta única, todo o ar é transportado para o espaço a climatizar por uma única conduta. Os sistemas mais comuns são os de Volume de Ar Constante (VAC), e os de Volume de Ar Variável (VAV). No primeiro caso, o caudal de ar a insuflar é constante, variando as condições do ar de forma a garantir a remoção da carga térmica. Os sistemas VAC ainda se podem subdividir em sistemas de uma só zona (monozona) e em sistemas de várias zonas (multizona).

Nos sistemas monozona, quando se trata de mais do que uma divisão todas elas receberão o ar no mesmo estado, o que pressupõe que não deve haver grandes disparidades nas cargas térmicas. Nos sistemas multizona (Figura 2), é possível controlar a temperatura de cada zona, por exemplo com uma bateria a montante da insuflação. Neste caso, o ar é pré- tratado na UTA e posteriormente, dependendo das condições do espaço a

climatizar, poderá ser novamente tratado numa bateria à entrada de cada espaço. Este sistema pode ser a solução para o típico caso de dois espaços, um na fachada sul de um edifício e o outro na fachada norte, por exemplo, onde nos meses de transição de estação as necessidades poderão ser muito díspares.

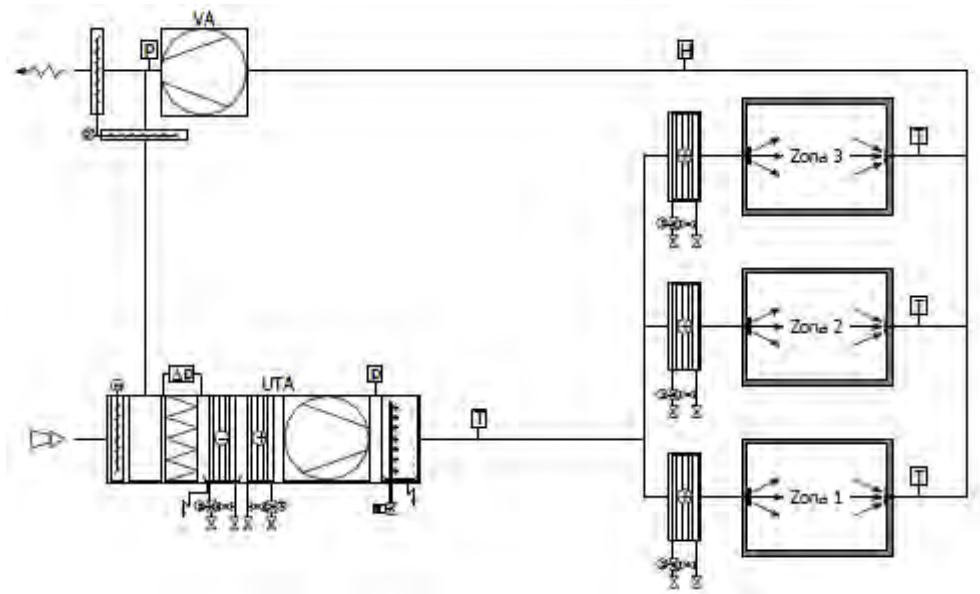


Figura 2 - Sistema "tudo-ar" VAC multizona (Miraldo 2009).

Nos sistemas VAV (Figura 3), a temperatura do ar insuflado é constante, mas o sistema permite variar o caudal de insuflação. Neste caso, controlando o caudal de ar insuflado, consegue-se controlar as cargas térmicas do espaço.

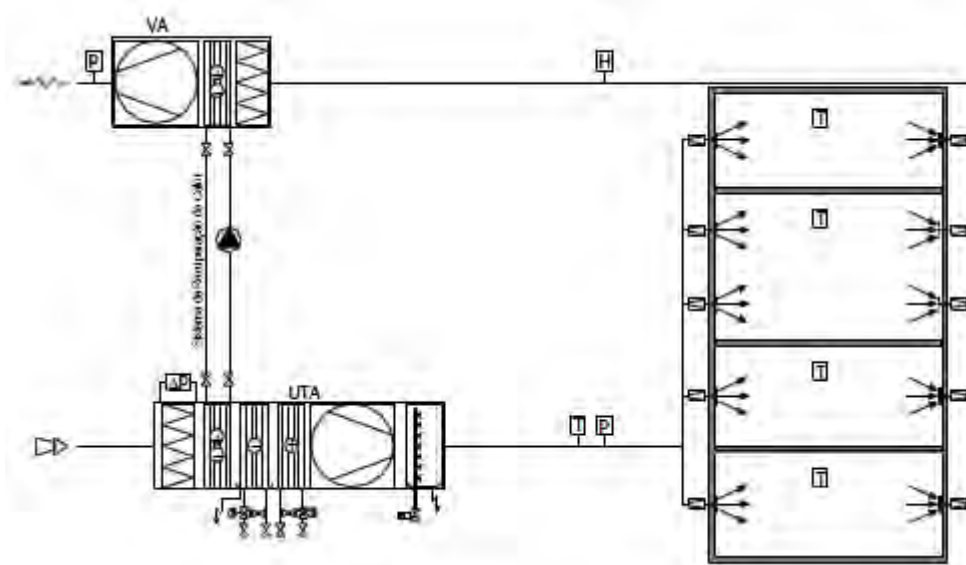


Figura 3 - Sistema "tudo-ar" VAV (Miraldo 2009).

- **Sistemas “tudo-água”:**

Nos sistemas tudo água, a energia é transportada pela água para o interior dos espaços a climatizar, isto é, a água é aquecida ou arrefecida e posteriormente irá dissipar essa energia nas unidades terminais.

Existem diferentes sistemas, de acordo com a possibilidade de climatizar alternativamente em aquecimento ou arrefecimento, (sistemas a 2 tubos, ida e retorno), ou de efetuar aquecimento e arrefecimento em simultâneo (sistemas a 4 tubos).

Um exemplo de sistema de climatização “tudo-água” a 2 tubos, é o bem conhecido sistema de aquecimento central, onde a água é aquecida numa unidade produtora de água quente (UPAQ), transportada por uma rede de tubagem até ao espaço a climatizar e regressa à UPAQ. Na maioria dos sistemas, a água é aquecida através de uma caldeira e as unidades terminais são emissores térmicos, geralmente radiadores de alumínio ou toalheiros. Atualmente existem outros tipos de UPAQ para pequenas habitações familiares, como por exemplo, os recuperadores a água ou os sistemas tipo bomba de calor. Este último sistema tem a limitação da baixa temperatura de aquecimento da água.

2. PROJETO

2.1. Introdução

Um projeto de AVAC visa dimensionar e seleccionar todos os equipamentos e materiais presentes numa obra, no diz respeito à climatização. É um processo minucioso e com bastantes responsabilidades, pois dele depende o bem-estar e a saúde dos utilizadores de um edifício.

Devido à grande variedade de métodos e equipamentos para se efetuar climatização, o projetista tem que optar pelas soluções mais viáveis, tanto a nível de consumos de energia, como a nível da viabilidade do sistema, isto é, deve optar pelo sistema que mais se adapte ao edifício em questão. Adicionalmente, tem que ter em conta o custo inicial do sistema a aplicar.

Neste capítulo, será descrito um projeto de AVAC realizado pela empresa Climacer, o qual contou com a colaboração direta do autor do presente relatório.

O projeto de AVAC em questão foi realizado para a obra da Cercicaper (Cooperativa para a Educação e Reabilitação de Cidadãos Inadaptados de Castanheira de Pêra), tendo sido proposto um sistema “tudo-ar” com duas unidades de tratamento de ar alimentadas por um chiller e por uma caldeira (já existente). Foram também propostas unidades terminais do tipo ventiloconvectores, para complementar as eventuais cargas térmicas. Devido ao elevado custo inicial do sistema, foi solicitado pelo dono de obra uma revisão do projeto para redução de custos. Esta revisão também se tornou necessária, porque o projeto de arquitetura foi sujeito a alterações.

Com a experiência e os conhecimentos adquiridos no processo de orçamentação que serão descritos no capítulo 3, foi-me proposto dar apoio à remodelação do projeto da “Cercicaper”. Assim, e com o suporte de um projetista experiente da Climacer, encarreguei-me de realizar a modelação do edifício no software CYPETM, de realizar o estudo dinâmico das cargas térmicas usando o software EnergyPlusTM e de dimensionar e seleccionar o sistema mais adequado para efetuar a compensação das cargas térmicas. Também dimensionei e selecionei o sistema primário de Águas Quentes Sanitárias (AQS) (sistema solar térmico).

O processo de dimensionamento da UTA e da rede aerólica, bem como a realização das peças desenhadas e escritas, ficou a encargo do projetista da Climacer.

2.2. Sistema preconizado

Atendendo às especificações técnicas e demais características existentes no projeto deste edifício, bem como às descrições apresentadas no capítulo 1 sobre Sistemas de Climatização, optou-se por um sistema de climatização “tudo-ar”, com equipamentos terminais de climatização e renovação de ar ambiente indicados para a utilização deste tipo de fluido. Para tal, considerou-se uma unidade de expansão direta para produzir o fluido térmico que fará permuta na bateria da UTA.

Para complementar eventuais cargas térmicas díspares na zona dos gabinetes de trabalho, zonas de secretaria, gabinetes de direção, quartos, salas de refeições, entre outras, considerou-se um sistema de climatização do tipo expansão direta, constituído por unidades exteriores e respetivas unidades de climatização interiores. As unidades interiores previstas foram do tipo mural, próprias para instalação na parede, e do tipo de ligação por condutas, ocultas por cima do teto falso.

Para as instalações sanitárias, como é uma zona sensível onde só o aquecimento importa, escolheu-se climatização por meio de emissores térmicos (radiadores) a água quente. A água será aquecida por uma caldeira existente, assim, não fará parte do presente projeto. Para a caldeira deverá ser prevista uma inspeção completa para certificar o seu bom funcionamento.

Para a produção de AQS, considerou-se um sistema de coletores solares térmicos como o sistema primário, sendo apoiado quando necessário pela caldeira.

2.3. Caracterização do edifício

O edifício proposto é composto por dois corpos de um piso interligados por um terceiro (zona de acesso), com capacidade para 18 utentes. Incluiu-se neste número duas vagas para alojamento de carácter temporário e uma Residência Autónoma com capacidade para

5 utentes. É constituído por um piso térreo contendo quartos, instalações sanitárias, gabinetes de trabalho, gabinete de direcção, salas de refeições, lavandaria, arrumos, zonas técnicas, circulações, entre outros, especificados no projeto de arquitetura e demais elementos que acompanham este processo.

A tipologia considerada e definida para a execução do presente projeto foi “Hotéis de 4 e 5 estrelas”. A planta do edifício com os principais espaços pode ser vista na figura 4.



Figura 4 - Planta do edifício (AutoCad™, 2012)

2.4. Base de cálculo e dimensionamento

Para se efetuar a simulação dinâmica é necessário adotar os padrões de referência de utilização prescritos no Anexo XV “**Padrões de referência de utilização dos edifícios**” do RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril). Como a tipologia de edifício em questão não está especificada, adotou-se a tipologia “Hotéis de 4 e 5 estrelas”, por ser a situação que mais se adapta ao presente projeto. Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se as principais características deste padrão.

Tabela 1 – Perfis de ocupação, iluminação e equipamento em Hotéis de 4 e 5 estrelas (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)

Perfis variáveis de acordo com os valores tabelados no RSECE	
	Densidades
Ocupação quartos	27 m ² /Ocupante
Ocupação nas restantes áreas	10 m ² /Ocupante
Iluminação	-----
Equipamento	9 W/m ²

Tabela 2 – Perfis constantes da iluminação exterior, lavandarias, cozinhas e estacionamento (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)

Perfis constantes		
	Densidade	N.º horas funcionamento
Iluminação exterior	-----	5400
Lavandarias	Densidades	N.º horas funcionamento
Iluminação	-----	1560
Equipamento	500 W/m ²	
Ventilação	8 W/m ²	
Cozinhas	Densidades	N.º horas funcionamento
Iluminação	-----	2000
Equipamento	250 W/m ²	
Ventilação	8 W/m ²	
Estacionamento	Densidades	N.º horas funcionamento
Iluminação	-----	4400
Equipamento	2 W/m ²	
Ventilação	8 W/m ²	

As tabelas com os valores das taxas de ocupação e de utilização dos equipamentos e iluminação podem ser consultadas no Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril.

Os caudais mínimos de ar usados no projeto foram retirados do Anexo VI “**Caudais mínimos de ar novo**” do RSECE, que para os espaços do edifício em apreço se encontram na tabela 3.

Tabela 3 - Caudais mínimos de ar novo para o projeto (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril)

Tipo de atividade		Caudais mínimos de ar novo	
		[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Serviços de refeições	Salas de refeições	35	
Empreendimentos turísticos	Quartos/suites	30	
	Corredores/átrios		5
Serviços	Gabinetes	35	5
	Consultórios médicos	35	

Os parâmetros de cálculo adotados para as condições exteriores de projeto foram retirados do Anexo III “**Zonamento climático**” do RCCTE (Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril).

Tabela 4 - Dados climáticos de referência para o concelho de Castanheira de Pêra

Concelho	Castanheira de Pêra
Zona climática de Inverno	I ₃
Número de graus-dias (GD) (°C.dias)	2310
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Zona climática de Verão	V ₃
Temperatura externa do projecto (°C)	34
Amplitude térmica (°C)	14

2.5. Caudais de ar novo

A primeira fase na abordagem de um projeto, após a recolha de dados e informações necessárias acima descritas, é a determinação dos caudais de ar novo a insuflar nos espaços do edifício. Neste cálculo é essencial ter atenção a dois parâmetros; à eficiência de ventilação e à existência ou não, de Materiais Não Ecologicamente Limpos (MNEL).

O primeiro parâmetro é bastante importante, pois influencia o volume de ar a insuflar. A ventilação pode-se dividir em ventilação por mistura e em ventilação por deslocamento. A ventilação por mistura prevê que ocorra mistura entre o ar insuflado e o ar do espaço, estando a sua maior ou menor eficiência, na capacidade de não deixar zonas “mortas”, impedindo que o ar novo saia do espaço sem se misturar com o ar ambiente. (Miraldo 2009). Na ventilação por deslocamento, o ar insuflado, geralmente junto ao chão, é aspirado junto ao teto. Assim, o ar à medida que se espalha pelo espaço e vai subindo “empurra” à sua frente o ar viciado. Este tipo de ventilação tem uma maior eficiência, mas só se for em regime de arrefecimento, pois em regime de aquecimento funciona como ventilação por mistura de baixa eficiência. Não se sabendo o valor exato da eficiência de ventilação do sistema a aplicar, adotam-se os valores da figura 5. Para o caso adotou-se o valor de 0,8 visto que a insuflação é feita de um lado do espaço e a extração do outro.

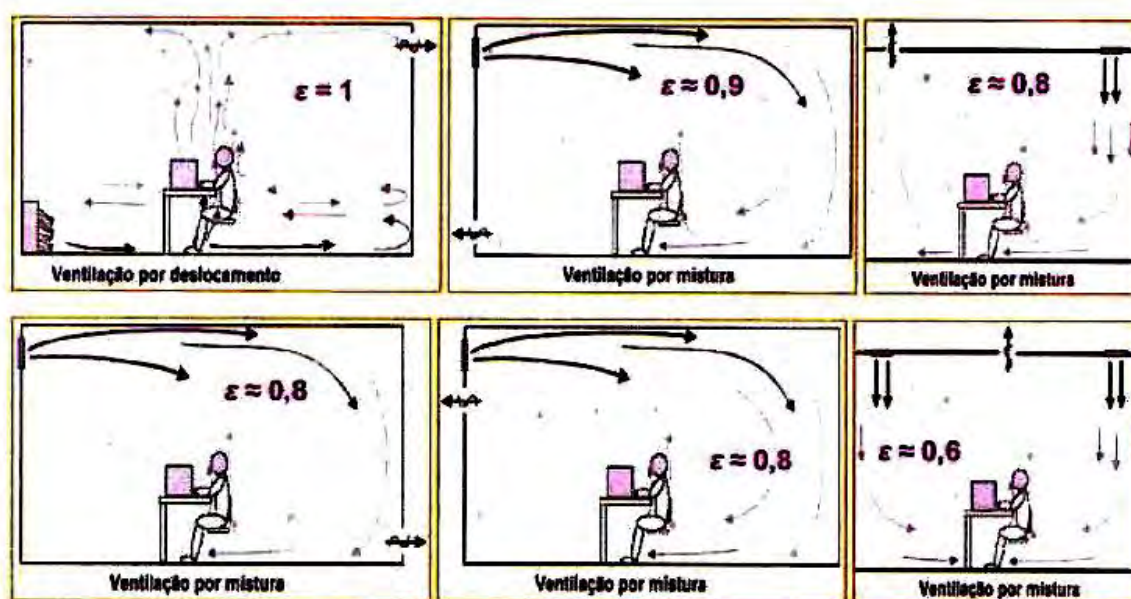


Figura 5 – Valores tipo de eficiência de ventilação (Miraldo 2009)

Em relação à utilização ou não de materiais não ecologicamente limpos, afirma-se no artigo 29.º, nº 3 do Capítulo IX “**Requisitos de qualidade do ar**” do RSECE o seguinte: “*Em espaços de não fumadores em que sejam utilizados materiais de construção ou de acabamento ou revestimento não ecologicamente limpos, os sistemas de renovação do ar em novas instalações de climatização sujeitas aos requisitos do presente Regulamento devem ser concebidos para poderem fornecer, se necessário, caudais aumentados em 50% (...)*”, assim para o presente projeto, com as indicações do projeto de arquitetura, poderão existir espaços com a presença de materiais ecologicamente não limpos. Para estes locais o caudal mínimo de ar novo deverá ser incrementado em 50%, conforme regulamentação em vigor já indicada.

A tabela 5 apresenta os resultados dos cálculos de caudal de ar novo a insuflar nos diversos espaços do edifício.

Tabela 5 - Valores de Caudal de Ar Novo para cada espaço

	Local	Tipologia	Área útil pavimento [m ²]	Ocup.	Presença de MNEL	Q _{min/ocup.} [m ³ /h.ocup]	Q _{min/m²} [m ³ /h]	Q _{efetivo} [m ³ /h]	Q _{insuflar} [m ³ /h]	Q _{projeto} [m ³ /h]
0.1	Quarto individual	Quarto residencial	17,30	1	Sim	30	0	38	56	75
0.2	Quarto duplo	Quarto residencial	18,20	2	Sim	30	0	75	113	125
0.3	Quarto duplo	Quarto residencial	19,90	2	Sim	30	0	75	113	125
0.7	Corredor	Corredor átrios	16,40	--	Sim	0	5	103	154	300
0.8	Cozinha	Preparação refeições	16,50	2	Sim	30	0	75	113	125
0.9	Sala estar/jantar	Sala de estar	24,40	6	Não	30	0	225	225	300
1.1	Quarto individual	Quarto residencial	14,07	1	Sim	30	0	38	56	75
1.2	Quarto duplo	Quarto residencial	18,50	2	Sim	30	0	75	113	125
1.3	Quarto duplo	Quarto residencial.	18,54	2	Sim	30	0	75	113	125
1.4	Quarto duplo	Quarto residencial	18,50	2	Sim	30	0	75	113	125
1.5	Quarto duplo	Quarto residencial	18,50	2	Sim	30	0	75	113	125
1.6	Quarto duplo	Quarto residencial	17,30	2	Sim	30	0	75	113	125
1.7	Corredor	Corredor átrios	66,75	--	Sim	0	5	417	626	1000

	Local	Tipologia	Área útil pavimento [m ²]	Ocup.	Presença de MNEL	Q _{min} /ocup. [m ³ /h.ocup]	Q _{min} /m ² [m ³ /h]	Q _{efetivo} [m ³ /h]	Q _{insuflar} [m ³ /h]	Q _{projeto} [m ³ /h]
1.15	Quarto individual	Quarto residencial	15,70	1	Sim	30	0	38	56	75
1.16	Quarto duplo	Quarto residencial	18,50	2	Sim	30	0	75	113	125
1.17	Quarto duplo	Quarto residencial	18,50	2	Sim	30	0	75	113	125
1.18	Vigilante ⁽¹⁾	Gabinete	10,75	4	Não	35	5	175	175	200
1.19	Quarto duplo	Quarto residencial	17,82	2	Sim	30	0	75	113	125
2.1	Corredor	Corredor	50,30	--	Sim	0	5	314	472	500
2.4	Gabinete direção ⁽¹⁾	Gabinete	13,07	1	Sim	35	5	82	123	125
2.5	Gabinete trabalho ⁽¹⁾	Gabinete	16,82	3	Sim	35	5	131	197	200
2.6	Gabinete medico ⁽¹⁾	Gabinete	10,32	2	Não	35	5	88	88	100
2.8	Corredor	Corredor átrios	17,06	--	Sim	0	5	107	160	175
2.13	Sala convívio	Sala convívio	16,78	5	Não	30	0	188	188	250
3.1	Sala estar	Sala de estar	61,30	20	Não	30	0	750	750	900
3.2	Sala refeições	Sala refeições	43,94	20	Não	35	0	875	875	900
3.4	Lavandaria	Armazém	24,11	4	Não	0	5	151	151	200
3.5	Sala pessoal	Sala estar	17,00	4	Sim	30	0	150	225	400
3.6	Vestiário masculino	Vestiário	4,50	4	Não	0	10	56	56	75
3.9	Vestiário feminino	Vestiário	4,50	4	Não	0	10	56	56	75
3.12	Corredor	Corredor átrios	31,21	--	Não	0	5	195	195	300

⁽¹⁾ – Usado o maior valor entre o caudal por ocupante e caudal por metro quadrado.

2.6. Metodologia do cálculo térmico

Os cálculos efetuados para o dimensionamento e simulação do projeto foram executados com as aplicações CYPETM, EnergyPlusTM e SOLTERMTM.

O cálculo térmico foi faseado da seguinte forma:

- Modelação do edifício no CYPETM e posterior exportação para EnergyPlusTM;
- Simulação dinâmica no EnergyPlusTM (24 horas de todos os dias do ano);

- Dimensionamento do sistema solar térmico no SOLTERM™.

2.6.1. Modelação do edifício

Como já foi referido anteriormente, a modelação do edifício foi efetuada no software CYPE™. Os dados dos materiais de construção foram fornecidos pelo projeto de arquitetura. Visto tratar-se de uma revisão ao projeto, a maior parte dos dados já se encontravam inseridos.

A modelação do edifício processou-se nos seguintes passos:

- Atribui-se a categoria “Hospitalar” ao edifício, por se tratar do perfil mais adequado em função dos apresentados pelo software;
- Escolheu-se a localização da obra e selecionaram-se os dados gerais bem como as condições climáticas predefinidas para o concelho de Castanheira de Pêra;
- Escolheram-se os materiais alterados nesta revisão;
- Definiu-se a orientação “Norte” do edifício, bem como os limites da propriedade;

Para melhor perceção apresenta-se na figura 6 uma vista geral do ambiente de trabalho em CYPE™, e na figura 7 uma vista 3D do edifício do mesmo software.

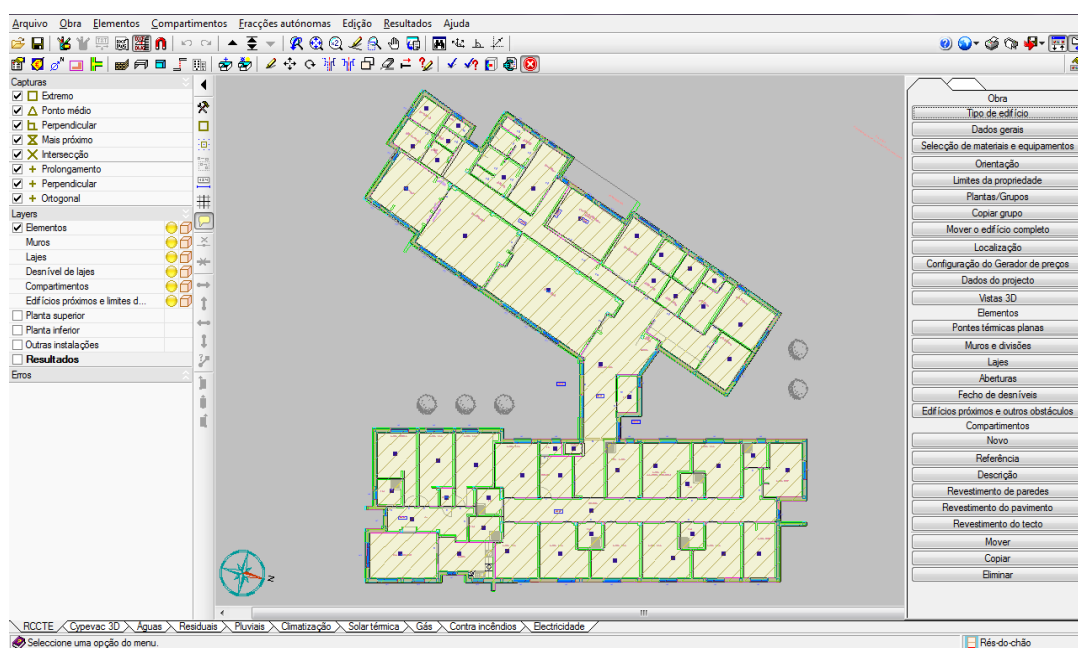


Figura 6 - Vista geral do ambiente de trabalho (CYPE™, 2012)

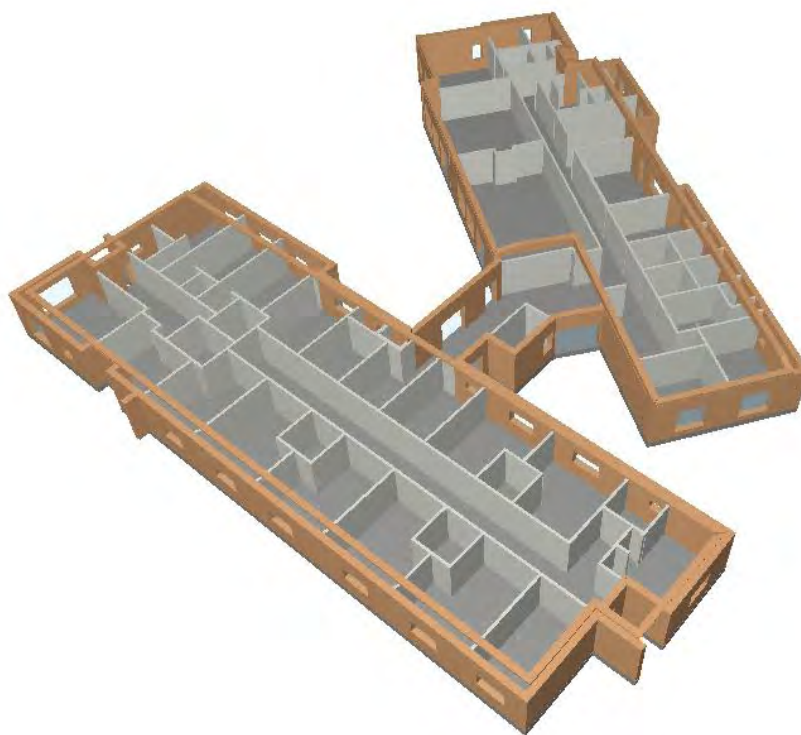


Figura 7 - Vista 3D do edifício modelado (CYPE™, 2012)

Na fase seguinte definiram-se todos os compartimentos usando os valores disponíveis na biblioteca do software. A título de exemplo apresentam-se os valores para um compartimento “quarto duplo” (Figura 8).

Considerou-se um compartimento “Habitável” e “Climatizado”, com condições de “Temperatura de verão” de 25 °C, “Temperatura de inverno” de 20 °C e “Humidade relativa” de 50 %. Relativamente à “Ocupação” consideraram-se duas pessoas “Sentado ou de pé”. No parâmetro da “Iluminação” atribui-se uma “Potência” de 10 W/m², na “Ventilação” considerou-se, conforme o RSECE, 30 m³/h “Por pessoa” e considerou-se ainda o valor de 10 W/m² de “Potência latente” no campo “Outras cargas”. Todos estes parâmetros são afetados pelas “Tabelas de atividade para o cálculo de necessidades”.

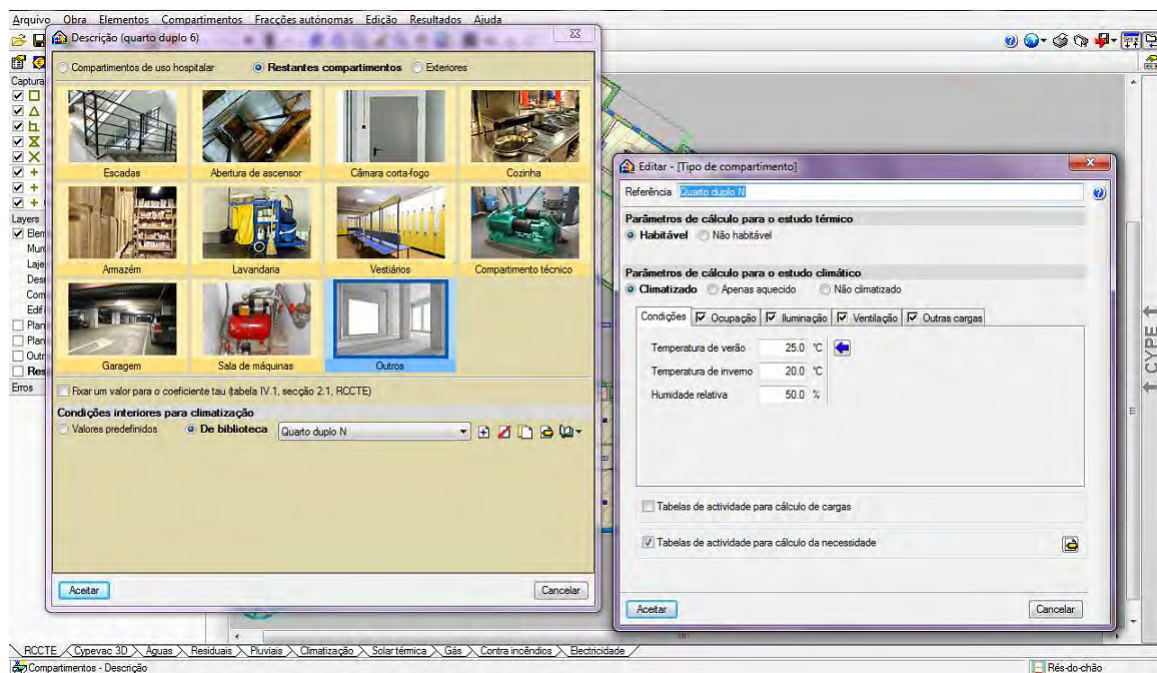


Figura 8 - Edição do compartimento “quarto duplo” (CYPE™, 2012)

De seguida, fez-se a exportação dos dados introduzidos em CYPE™ para o software EnergyPlus™. Para o efeito, o software CYPE™ permite a criação de um ficheiro *.idf (input data file), o qual pode ser lido em EnergyPlus™.

2.6.2. Simulação dinâmica

A simulação dinâmica do edifício foi executada através do software EnergyPlus™. Optou-se por fazer uma simulação horária completa, isto é, obter resultados de todas as horas do ano, sem fazer divisão por zona.

Devido às diferenças climáticas de zona para zona (temperaturas, humidade, direção do vento, etc) foi necessário introduzir o ficheiro climático que mais se adequava à zona de Castanheira de Pêra. A biblioteca oficial fornecida pelo EnergyPlus™ não possui este concelho, pelo que se optou pelo ficheiro climático de Coimbra, que apesar das diferenças climáticas, de entre os fornecidos pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, é o que mais se assemelha (USDOE, 2012).

Na simulação dinâmica podemos obter um vasto conjunto de resultados, nomeadamente a temperatura interior e exterior, humidades, ganhos solares, ganhos pela envolvente, etc, pelo que foi necessário editar o ficheiro *.idf para se obter apenas os resultados pretendidos; as cargas totais de aquecimento e as cargas totais de arrefecimento. Para melhorar a perceção dos resultados, optou-se ainda por ter como resultado a temperatura exterior.

Apesar dos padrões de referência exportados através do software CYPE™ (que foram introduzidos com base no RSECE), o EnergyPlus™ permite editá-los. Assim, de modo a conseguir padrões mais realistas para o edifício em questão, optou-se por alterar em alguns compartimentos o parâmetro da ocupação e da respetiva ventilação para 100% em determinadas horas do dia. Posteriormente, efetuou-se a simulação dinâmica e fez-se o tratamento dos resultados obtidos. Estas etapas não se apresentam devido ao espaço requerido pelas mesmas.

2.6.3. Resultados obtidos

Após o tratamento dos resultados numa folha de Microsoft Excel™ verifica-se que a temperatura mínima exterior ocorre no dia 2 de Março às 06.00 horas, com o valor de -1,5 °C, enquanto que a temperatura máxima ocorre no dia 10 de Agosto às 15.00 horas, com o valor de 37,1 °C. No entanto, para o espaço Sala de Estar/Jantar, é no dia 06 de Julho às 15 horas que ocorre a maior carga térmica, com o valor de 2,78 kW.

Outro exemplo que se pode retirar dos resultados obtidos vem da comparação das cargas térmicas do Quarto Individual 1 (Q.I. 1), que está na fachada Sul do edifício, e o Quarto Individual 3 que está na fachada Norte do edifício. O Q.I. 1 tem necessidades de arrefecimento de 0,90 kW, enquanto que Q.I. 3 tem necessidades de 0,62 kW.

Apresentam-se na tabela 6 os resultados obtidos das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento para os espaços climatizados do edifício.

Tabela 6 - Cargas Térmicas de Aquecimento e Arrefecimento dos Espaços

Espaço	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]		Espaço	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]
Copa	1,74	3,29		Instalação Sanitária 4	0,52	0,50
Sala Estar/Jantar	1,10	2,78		Quarto Duplo 6	0,56	1,04
Quarto Individual 1	0,34	0,90		Sala Convívio	1,46	1,93
Instalação Sanitária 1	0,55	0,52		Instalação Sanitária 8	1,31	1,19
Circulação 1	0,43	0,65		Instalação Sanitária 17	0,68	0,56
Sala Refeições	5,35	7,08		Instalação Sanitária 12	0,54	0,49
Quarto Duplo 1	0,60	1,08		Quarto Duplo 7	0,56	1,03
Cozinha	0,65	1,97		Quarto Duplo 10	0,55	1,00
Circulação 3	3,28	4,44		Instalação Sanitária 11	0,86	0,72
Quarto Duplo 2	0,60	1,09		Instalação Sanitária 13	0,55	0,49
Instalação Sanitária 3	0,61	0,58		Instalação Sanitária 10	0,86	0,70
Instalação Sanitária 14	1,16	1,03		Gabinete Medico	0,40	0,58
Instalação Sanitária 2	0,51	0,48		Instalação Sanitária 5	0,50	0,47
Sala de Estar	4,66	7,15		Instalação Sanitária 7	0,41	0,39

Espaço	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]		Espaço	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]
Instalação Sanitária 15	1,40	1,36		Quarto Duplo 9	0,54	1,02
Quarto Duplo 3	0,53	1,00		Quarto Duplo 8	0,56	1,03
Quarto Duplo 4	0,55	1,03		Gabinete Direção	0,42	0,61
Circulação 2	1,17	1,64		Instalação Sanitária 9	0,46	0,39
Sala Pessoal	1,02	1,35		Gabinete Trabalho	1,4	1,57
Quarto Duplo 5	0,56	1,03		Quarto Individual 2	0,34	0,66
Vigilante	1,11	1,31		Instalação Sanitária 6	0,46	0,45
Instalação Sanitária 16	0,25	0,27		Quarto Individual 3	0,40	0,62
Lavandaria	1,09	3,10				
Total do Edifício		Aquecimento [kW]		Arrefecimento [kW]		
		39,80		59,35		

2.6.4. Seleção de equipamentos

Neste seção, será apresentada uma descrição geral dos equipamentos selecionados, bem como os princípios subjacentes ao seu dimensionamento.

2.6.4.1. Descrição geral dos equipamentos

- **Sistema VRV**

Para complementar as diferentes cargas térmicas, optou-se por um sistema VRV da marca MitsubishiTM, como as apresentadas na figura 9. A colocação das unidades exteriores deverá ser num nicho técnico próprio, de forma a minimizar o impacto visual pelo exterior. As unidades exteriores selecionadas serão do tipo de expansão direta (funcionando por ciclo de compressão de vapor) com funcionamento reversível, bomba de calor, equipadas com sistema inverter, próprias para a montagem à intempérie.

O sistema inverter consiste na variação da velocidade do compressor, de acordo com a programação da temperatura pretendida e das condições do ar exterior. A frequência é reduzida quando é necessária menos potência, o que diminui consideravelmente o consumo elétrico do compressor.

A envolvente destas unidades será construída em chapa de aço galvanizado com revestimento a tinta epoxi de modo a resistirem à intempérie. Com vista à proteção e controlo, estas unidades estão equipadas com sistema de arranque progressivo, evitando picos de arranque dos compressores e ventiladores, elevando desta forma o tempo de vida útil da unidade.

Relativamente às unidades interiores selecionadas, um dos tipos será do tipo mural de montagem na parede com a envolvente em material plástico, facilmente lavável, com design agradável e dimensão reduzida, com ventilador do tipo centrífugo/tangencial, acoplado a um motor elétrico com vários níveis de velocidade, grelha de descarga de ar com deflector variável (auto swing) e recetor de infra- vermelhos, para comunicação com comando remoto. O retorno do ar à unidade é feito pelo painel superior.



Figura 9 – Unidade exterior e unidades interiores VRV tipo mural e ligação por condutas (Mitsubishi Electric 2011).

O outro tipo de unidades interiores será por ligação à rede aerólica de insuflação de ar, montagem oculta acima do teto falso, com a envolvente em chapa galvanizada, e as restantes características das unidades do tipo mural.

- **Sistema de aquecimento central**

A climatização dos espaços destinados às instalações sanitárias será efetuada por meio de radiadores da marca RocaTM, modelo Dubal 7, como os apresentados na figura 10. Os radiadores serão formados por elementos em alumínio injetado sem aberturas frontais, próprios para instalações de água quente. Os elementos deverão ser acopláveis entre si através de manguitos, rosca direita/esquerda e junta de estanquicidade, permitindo desta forma uma maior versatilidade aquando da sua montagem. Deverão possuir um acabamento em cor branco, com vista a conferir ao radiador um aspeto de boa qualidade.



Figura 10 - Radiadores de Alumínio (Roca 2011)

Os radiadores deverão possuir todos os acessórios necessários ao seu correto funcionamento e montagem, nomeadamente válvula termostaticável com cabeça termostática, junção de fecho, tampão, purgador de ar automático, suportes, entre outros acessórios necessários.

- **Sistema de produção de AQS**

Para o sistema solar térmico optou-se por coletores solares da marca Roca™, modelo SOL 250, como os apresentados na figura 11. Os coletores solares deverão ser do tipo plano, instalados na cobertura do edifício. Deverão ser fornecidos com suportes apropriados para o local onde serão instalados.



Figura 11 - Coletor Solar Térmico (Roca 2011)

As tubagens de ligação dos coletores solares térmicos serão executadas em tubos de cobre devidamente tratado, soldado, bem como as tubagens de ligação ao termoacumulador de AQS.

De salientar que imediatamente após a sua instalação deve-se proceder ao enchimento dos mesmos, com fluido térmico próprio para proteger a instalação do congelamento até -20 °C, prevenindo-se assim qualquer risco de congelação do fluido térmico dentro das tubagens ou dos coletores, prolongando a vida útil dos mesmos. Note--se que em todos os coletores deverá existir um purgador de ar automático.

Para a acumulação das AQS considerou-se um depósito acumulador também da Marca Roca™, o qual deverá ser do tipo vertical. O aquecimento primário de AQS será efetuado pela serpentina inferior, ligada ao ramal de fornecimento de água quente do sistema de coletores solares térmicos, sendo a compensação efetuada pela ligação da serpentina superior ao sistema de aquecimento de água quente produzida pela caldeira. A tomada de

saída de água quente será no ponto mais alto do acumulador. Deverá ainda ser instalado um grupo de segurança, filtros e válvulas de retenção. O local onde será instalado o depósito deverá possuir um ponto de esgoto, de forma a permitir efetuar operações de manutenção que requeiram o completo esvaziamento do depósito.

2.6.4.2. Sistema VRV

No Artigo 13.º, nº 1 do Capítulo V do RSECE **“Limitação da potência instalada em novos sistemas de climatização”** afirma-se: *“As potências térmicas de aquecimento ou de arrefecimento dos sistemas de climatização a instalar nos edifícios abrangidos pelo presente Regulamento, nos termos do artigo 2.º, não podem exceder em mais de 40% o valor de projeto estabelecido pelo método de cálculo adotado para dimensionar os sistemas de climatização do edifício, quer seja por simulação dinâmica multizona, método obrigatório para os grandes edifícios de serviços, quer seja por simulação dinâmica simplificada, do tipo zona única, admissível para os pequenos edifícios de serviços e para os edifícios residenciais.”*. Assim sendo, apresentam-se na tabela 7, a título de exemplo para alguns compartimentos, as potências máximas de aquecimento e de arrefecimento a instalar nos espaços climatizados. A tabela completa de seleção das unidades interiores encontra-se no anexo A.

A seleção das unidades interiores do sistema VRV teve em conta essa potência máxima, mas com algum poder crítico sobre o mesmo, isto é, nem sempre se selecionou a unidade interior com potência suficiente para colmatar as cargas térmicas.

Tabela 7 – Excerto da Seleção das Unidades Interiores do sistema VRV.

			40% RSECE		Unidade Interior		
Espaço	Aquec. [kW]	Arref. [kW]	Aquec. [kW]	Arref. [kW]	Modelo [marca Mitsubishi]	Aquec. [kW]	Arref. [kW]
Sala Estar/Jantar	1,10	2,78	1,5	3,9	PKFY-P32	4,0	3,6
Quarto Individual 1	0,34	0,90	0,5	1,3	PKFY-P15	1,9	1,7
Instalação Sanitária 1	0,55	0,52	0,8	0,7	RADIADOR		
Circulação 1	0,43	0,65	0,6	0,9	CLIMATIZADO PELA UTA		
Sala Refeições	5,35	7,08	7,5	9,9	PEFY-P50	6,3	5,6
Quarto Duplo 1	0,60	1,08	0,8	1,5	PKFY-P15	1,9	1,7
Cozinha	0,65	1,97	0,9	2,8	PKFY-P25	3,2	2,8
Quarto Duplo 2	0,60	1,09	0,8	1,5	PKFY-P15	1,9	1,7
Sala de Estar	4,66	7,15	6,5	10,0	PEFY-P50	6,3	5,6
Quarto Duplo 3	0,53	1,00	0,7	1,4	PKFY-P15	1,9	1,7
Sala Pessoal	1,02	1,35	1,4	1,9	PKFY-P20	2,5	2,2
Vigilante	1,11	1,31	1,6	1,8	PKFY-P20	2,5	2,2
Lavandaria	1,09	3,10	1,5	4,3	PKFY-P32	4,0	3,6
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
TOTAL	39,8	59,35	55,7	83,1	TOTAL	63,0	56,1

Como se pode verificar através da tabela 7, para o compartimento dos Quartos, selecionou-se sempre a unidade com menor potência da marca, PKFY-P15, devido à reduzida área dos quartos e às respetivas baixas cargas térmicas. No compartimento Sala de Estar/Jantar, apesar de a carga térmica de arrefecimento ter o valor de 3,9 kW, optou-se

pela unidade interior PKFY-P32, com uma potência de arrefecimento de 3,6 kW. Este facto deveu-se ao fator económico, isto é, a diferença de preços entre as unidades não justifica a diferença de potências, garantindo que a unidade PKFY-P32 efetuará a climatização de modo eficiente, sem que os utilizadores se sintam desconfortáveis. Esta situação ocorre em alguns outros compartimentos, como é o caso da Lavandaria.

Para os compartimentos Sala de Refeições e Sala de Estar, onde as cargas térmicas são as mais elevadas do edifício, optou-se assim por selecionar unidades com défice de potência em relação à potência necessária para colmatar as cargas térmicas. Isto deve-se ao fato de o ar novo insuflado estar climatizado, ou seja, neste caso a função do sistema VRV não será tanto colmatar as cargas térmicas, mas sim complementar o sistema de climatização da UTA, quando as salas estão com ocupação. As características técnicas das unidades interiores encontram-se no anexo B.

Como já foi dito, o atual regulamento limita o valor da potência instalada a 140% do valor de projeto. Efetuada a soma da potência de arrefecimento e de aquecimento das unidades interiores a instalar, obteve-se 56,1 kW e 63,0 kW respetivamente. O valor da potência de aquecimento do sistema a instalar ultrapassa o valor da mesma potência de projeto, sendo que a potência de arrefecimento está dentro dos limites legais. Assim, citando o mesmo Artigo 13.º, nº 5 do Capítulo V do RSECE: *“No caso de serem usados equipamentos para aquecimento e arrefecimento do tipo bomba de calor, é admissível que a potência do equipamento a instalar ultrapasse o limite estabelecido no n.º 1, para uma das potências, garantindo-se a conformidade regulamentar da outra.”*, verificou-se que o sistema de climatização VRV proposto, que é do tipo bomba de calor, está em conformidade com o Regulamento em vigor.

Para a seleção da unidade exterior, optou-se por dividir a potência por duas unidades, ficando a ala dos quartos e residência autónoma (ala Nascente) destinada a uma unidade exterior e a ala dos serviços, sala de jantar e de estar (Ala Poente) destinada à outra unidade exterior. Assim temos:

Tabela 8 - Seleção das Unidades Exteriores do sistema VRV

	Necessidades		Unidade Exterior			Simultaneidade 130%	
	Aquec [kW]	Arref [kW]	Modelo	Aquec [kW]	Arref [kW]	Aquec [kW]	Arref [kW]
Ala Nascente	34,4	30,7	PUHY-P250 YJM	31,5	28,0	41,0	36,4
Ala Poente	28,6	25,4	PUHY-P200 YJM	25,0	22,4	32,5	29,1

Segundo o catálogo da marca, *“Podem ser ligadas até 12 (série S) ou 50 (série Y) unidades interiores com até 130% de capacidade conectada, maximizando as opções dos projetistas.”* (Mitsubishi Electric 2011). Deste modo, apesar das necessidades serem de 34,4 kW e 28,6 kW, selecionaram-se unidades exteriores de VRV com potências de aquecimento de 31,5 kW e 25 kW para as alas nascente e poente respetivamente. As características técnicas das unidades exteriores encontram-se no anexo C.

2.6.4.3. Sistema de aquecimento central

Nos espaços destinados a instalações sanitárias, por norma, os sistemas de climatização são unicamente para aquecimento, visto ser uma zona sensível para o utilizador. Assim, para este projeto optou-se por um sistema de aquecimento central com dissipação através de radiadores.

Escolheram-se radiadores da marca RocaTM, modelo Dubal 70, frontal plano. O número de elementos a instalar depende do diferencial da temperatura média do radiador e a temperatura ambiente. Considerou-se o valor de 90 °C para a temperatura de entrada do fluido e 80 °C para a temperatura de saída do fluido. Apesar de a temperatura de aquecimento recomendada pelo RSECE ser de 20 °C, considerou-se 25 °C para a temperatura ambiente nas instalações sanitárias pelo facto de ser uma zona sensível e para que os utilizadores não sofram choques térmicos. Assim vem:

$$\Delta_t = t_{\text{média radidor}} - t_{\text{ambiente}} [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta_t = \left(\frac{t_{\text{entrada fluido}} + t_{\text{saida fluido}}}{2} \right) - t_{\text{ambiente}}$$

$$\Delta_t = \left(\frac{90 + 80}{2} \right) - 25 = 60^{\circ}\text{C}$$

A seleção do número de elementos para cada radiador é função da potência térmica dissipada em cada elemento. Para o modelo em questão, a dissipação por elemento é de 165,7 kcal/h (Roca, 2009), resultando nos valores listados na tabela 9. As restantes características técnicas dos radiadores de alumínio encontram-se no anexo D.

Tabela 9 – Seleção das unidades terminais (radiadores) do sistema de Aquecimento Central

Espaço	Aquecimento [kW]	Número de Elementos	Espaço	Aquecimento [kW]	Número de Elementos
Instalação Sanitária 1	0,8	4	Instalação Sanitária 10	1,2	6
Instalação Sanitária 2	0,7	4	Instalação Sanitária 11	1,2	6
Instalação Sanitária 3	0,9	4	Instalação Sanitária 12	0,8	4
Instalação Sanitária 4	0,7	4	Instalação Sanitária 13	0,8	4
Instalação Sanitária 5	0,7	4	Instalação Sanitária 14	1,6	8
Instalação Sanitária 6	0,6	3	Instalação Sanitária 15	2,0	2 x 5
Instalação Sanitária 7	0,6	3	Instalação Sanitária 16	0,4	2
Instalação Sanitária 8	1,8	9	Instalação Sanitária 17	1,0	5

Para a instalação sanitária 15, por razões de ordem estética, dividiu-se o radiador de 10 elementos em dois radiadores de 5 elementos.

Verifica-se que no total existem 79 elementos, o que pressupõe uma potência de 15,7 kW. Visto que a UPAQ é existente, deverá ser assegurada uma potência de 15,7 kW para o sistema de aquecimento central, mas, como forma de alguma ressalva, esta seleção deverá ser confirmada em fase de obra.

2.6.4.4. Sistema para águas quentes sanitárias

Apesar de o projeto já existente contemplar sistema solar, optou-se por efetuar novo dimensionamento com dados mais precisos das características de consumo. Um correto dimensionamento do sistema de águas quentes sanitárias tem uma grande preponderância na eficiência energética de um edifício. Para isso, deve-se aproveitar ao máximo a energia fornecida pelo sol.

Segundo o nº 2 do Artigo 7.º do Capítulo III do RCCTE **“Limitação das necessidades nominais de energia útil para produção de água quente sanitária”**, afirmando que *“O recurso a sistemas de coletores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1 m² de coletor por ocupante convencional previsto. (...)”*. Assim, dimensionou-se para este projeto um sistema solar térmico de circulação forçada, incluindo um depósito de dupla serpentina, o qual será apoiado quando necessário pela UPAQ.

A citação acima indicada estima a área total de absorção, sendo que esta só é válida para edifícios de habitação. Para edifícios de serviços este dimensionamento deve-se basear no software CypeTM. Usando o valor estimado de 1 m² de absorção solar por ocupante previsto, obtém-se o valor de 23 m² de área total de superfície de absorção (correspondente a 23 camas). Para se prosseguir com a seleção, optou-se por coletores da marca RocaTM, modelo SOL 250, com uma superfície de abertura de 2,37 m², cujas características técnicas se encontram no anexo E. Dividindo a superfície de absorção necessária pela superfície de abertura dos painéis escolhidos, obteve-se o valor de 10 coletores necessários.

Considerou-se um consumo de referência de 40 l por pessoa mais 5 l por refeição, para o dimensionamento do depósito de acumulação, o que perfaz um total de 1035 l. Tendo em conta o descrito anteriormente, optou-se pela seleção do depósito da marca RocaTM, modelo AS 1000 l de dupla serpentina.

Posteriormente, com os dados acima descritos, efetuou-se a simulação no software Solterm™, para o concelho de Castanheira de Pêra. Considerou-se gás natural como apoio e as características de consumo apresentadas na figura 12. Este perfil de consumo é idêntico para os fins-de-semana e repete-se para todos os meses do ano.

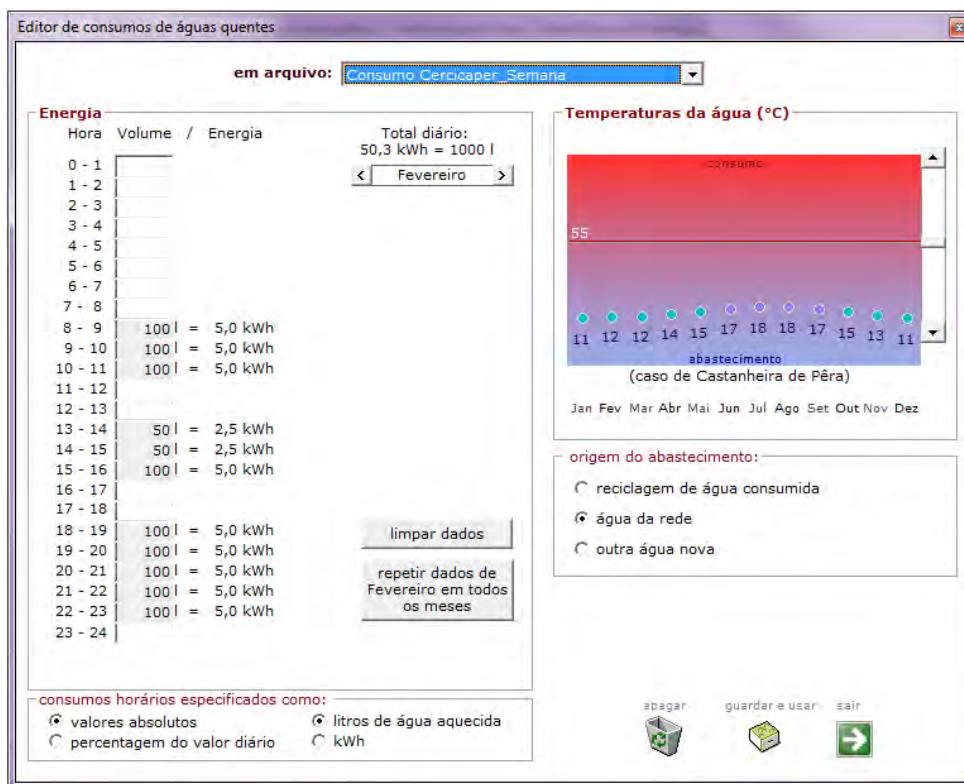


Figura 12- Características de consumo (Solterm™, 2007)

Os resultados obtidos do balanço energético anual, com otimização da orientação dos coletores, estão descritos na tabela 10.

Tabela 10 - Balanço energético anual (10 coletores solares).

Apoio [kWh]	Desperdiçado [kWh]	Fornecido [kWh]	Fração solar [%]	Rendimento global do sistema [%]	Produtividade kWh/[m ² coletor]
3265	361	13956	81	33	589

Com um valor de 361 kWh de energia desperdiçada e 33% de rendimento global, os resultados obtidos são insatisfatórios, pelo que se efetuou uma otimização do sistema de modo a reduzir o desperdício de energia solar e aumentar o rendimento global. Os resultados obtidos são os apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Balanço energético anual (6 coletores solares)

Apoio [kWh]	Desperdiçado [kWh]	Fornecido [kWh]	Fração solar [%]	Rendimento global do sistema [%]	Produtividade kWh/[m ² coletor]
5845	0	11376	66,1	45	800

Analisando os resultados, verifica-se um aumento do rendimento global do sistema, apesar do aumento da energia de apoio. Contudo, com esta otimização, a percentagem de fração solar diminui, isto porque o software reduziu o número de coletores para 6, o que se torna insuficiente para a instalação. Assim sendo, efetuou-se uma nova simulação, com uma área total de absorção de 19 m², ou seja 8 coletores solares, tendo-se obtido os resultados da tabela 12.

Tabela 12 - Balanço energético anual (8 coletores solares)

Apoio [kWh]	Desperdiçado [kWh]	Fornecido [kWh]	Fração solar [%]	Rendimento global do sistema [%]	Produtividade kWh/[m ² coletor]
4193	82	13028	75,7	39	687

Analisando novamente os resultados, verifica-se um valor de 75,7% de fração solar, valor este bastante aceitável. Apesar do rendimento global do sistema ter o valor de 39%,

consegue-se um valor anual de energia fornecida de aproximadamente 13 MWh, reduzindo de 10 para 8 o número de coletores, o que implica um menor custo inicial do sistema.

Os relatórios completos das três simulações usando o Solterm™ encontram-se no anexo F.

2.7. Resumo e limitações

De um modo geral, considera-se que com a alteração do projeto de um sistema a água para um sistema VRV, o custo inicial será mais reduzido, pelo facto de os valores dos próprios equipamentos serem mais baixos, mas também, devido à alteração da rede hidráulica e respetivo sistema de controlo, por uma rede de cobre de refrigeração.

Apesar de não ser apresentado neste relatório, está previsto para o projeto um sistema de extração de sujos e um sistema de ventilação de extração de uma hotte. Também está previsto um sistema de gestão técnica centralizada, para todo o controlo da instalação.

Uma das limitações neste trabalho de alteração ao projeto da Cercicaper prendeu-se com a inexistência de um ficheiro climático para o concelho de Castanheira de Pêra, o que poderá conduzir a algum desvio nos resultados obtidos.

3. ORÇAMENTAÇÃO

O departamento de orçamentação de uma empresa é de vital importância, pois é nele que se iniciam os processos de uma empreitada, os quais poderão vir a ser adjudicados à empresa. Um orçamento não deve ser visto como um simples processo de “dar preço”, mas sim como um “processo de obra”, isto é, deve ser levado a cabo com muito rigor e exatidão. Se, eventualmente, num orçamento se cometer um erro por excesso a empreitada não será adjudicada à empresa. Por outro lado, se o preço for muito reduzido em relação ao valor real e a empreitada for adjudicada, a empresa poderá vir a ter problemas financeiros. Assim, o processo de orçamentação deve ser cuidado, devendo o orçamentista, com base na sua experiência, ter um espírito crítico em relação aos valores que for obtendo.

Por outro lado, desde que seja devidamente supervisionado, o processo de orçamentação é um bom meio para iniciar o conhecimento técnico e prático de projeto de AVAC, isto é, ter noção dos equipamentos disponíveis no mercado, aprofundar o conhecimento dos diversos métodos de climatização, saber os princípios básicos de funcionamento de um sistema de climatização, ter noção dos tempos de mão-de-obra, etc.

Na realização do presente estágio curricular, foram elaborados inúmeros orçamentos, uns com um contexto mais simples, e outros que devido a fatores como a complexidade do projeto, se tornaram mais complicados. Apesar disto, qualquer orçamento passa por várias fases:

- Decisão da elaboração do orçamento;
- Abertura do processo;
- Análise do processo;
- Pedidos de cotação às várias marcas prescritas ou não no caderno de encargos;
- Elaboração do orçamento;
- Elaboração da proposta;
- Negociação da proposta.

Quando se toma a decisão de elaboração do orçamento e se faz a respetiva abertura de processo, passa-se à análise do processo. Deve dar-se especial importância a esta fase,

para se ter percepção da complexidade do orçamento e do tempo que levará a ser realizado. É nesta etapa que se deve dar especial atenção às peças desenhadas, ao mapa de quantidades e ao caderno de encargos, analisá-los e confrontá-los para verificar a existência de possíveis erros ou omissões. É essencial descortinar os sistemas de climatização apresentados no projeto. Também é importante saber a tipologia do edifício em questão, nomeadamente se se trata de um hospital, um lar, uma escola, ou outro.

Posteriormente à análise, procede-se à identificação das marcas dos equipamentos propostos em caderno de encargos, devendo também analisar-se possíveis marcas alternativas. De seguida efetua-se o pedido formal de cotação aos respetivos fornecedores.

Na realização do orçamento, deve ter-se em especial atenção o descritivo do item no mapa de quantidades e ir confrontando e analisando o mesmo item nas condições técnicas especiais e nas peças desenhadas.

Após a conclusão do orçamento, há a necessidade de se elaborar uma proposta formal para o cliente. Na proposta, entre outras considerações, deverá estar especificado o autor do orçamento, o valor final proposto bem como uma lista com os principais equipamentos e as respetivas marcas.

No departamento de orçamentação da empresa Climacer, faz-se distinção entre dois tipos de orçamentos: os “a concurso” e os ganhos por uma empresa construtora denominados “obra deles”. Para ambos, são tidos em conta todos os passos descritos anteriormente, se bem que os “obra deles” merecem principal destaque, visto que já constituem potenciais empreitadas para a empresa. Assim, para vários orçamentos, realizou-se o trabalho de deteção de erros e omissões, que consiste em fazer uma análise completa e minuciosa ao projeto e conferir todas as quantidades/medições apresentadas no mapa de quantidades. Este processo de erro e omissões, apesar de moroso, tem a vantagem de determinar, de forma exata, as quantidades/medições fornecidas, sendo determinante para as negociações das empreitadas.

4. DIREÇÃO DE OBRA

O processo de direção de obra surge após a adjudicação à empresa de uma empreitada. Apesar de para a negociação ser necessário executar um estudo aprofundado do processo, o diretor de obra poderá não ser o mesmo que efetuou o orçamento. Assim sendo, nesta fase é impreterível que se volte a estudar o processo aprofundadamente.

Uma empresa como a Climacer denomina-se “empresa executante”, isto é, executa uma obra conforme está descrita no caderno de encargos e nas peças desenhadas, não podendo fazer alterações ao projeto sem consentimento da equipa projetista. Contudo, e de forma a evitar problemas de pós-venda, ou seja, insatisfação do dono de obra, há algumas verificações do projeto que devem ser feitas antes de se entrar em obra.

Numa fase pré-obra, também é necessário verificar desde logo se existem incoerências entre especialidades, sobretudo entre as especialidades de AVAC e de estruturas, e entre a de AVAC e a de eletricidade. Alguns exemplos: condutas e vigas sobrepostas, atravessamentos de lajes e elementos terminais (grelhas, difusores) sobrepostos com luminárias. Para isto, e após a análise do projeto, é necessário agendar uma reunião com os responsáveis de todas as especialidades para solucionar estas incoerências, caso existam.

A direção de obra é um processo de “campo”, onde os problemas têm que ser sempre solucionados pela melhor via, evitando gastos adicionais. Na maior parte das obras existem prazos curtos para a execução dos trabalhos, sendo por isso necessário comandar corretamente e ter uma boa relação com a equipa de técnicos.

Numa fase adiantada do estágio, foi-me proposto dar apoio a algumas direções de obra, das quais saliento as seguintes:

- “Lojas Limurbe – Leiria”;
- “Hotel Real Abadia – Alcobaça”;
- “Moradia Sérgio Conceição – Albufeira”;
- “Requalificação dos Pisos 3 e 4 da PT – Faro”;
- “Colégio Conciliar Maria Imaculada – Leiria”;

Das cinco obras evidenciadas, a obra do “Colégio Conciliar Maria Imaculada” foi aquela que exigiu uma participação mais ativa, estando a obra no final do estágio a meu encargo. Assim, passo a descrever os processos executados durante o estágio. As peças desenhadas da fase de projeto encontram-se no anexo G.

4.1. Análise do projeto

A equipa projetista para a obra do Colégio Conciliar Maria Imaculada (CCMI), optou por sistema que, de grosso modo, contém uma unidade Roof-top 100% ar novo para climatização de um refeitório e uma sala polivalente (espaços novos), unidades de recuperação de calor com bateria para climatizar o refeitório antigo e as salas dos funcionários do piso 2. As oito salas de aula serão tratadas com unidades de ligação a condutas ligadas a um sistema de VRV, sendo introduzido ar novo nas unidades interiores através de uma unidade de recuperação de calor sem baterias.

Numa primeira fase de análise, para obra, do projeto verificou-se a falta de pequenas, mas importantes informações. Desde logo efetuou-se um pedido de esclarecimento (figura 13).

PEDIDO DE ESCLARECIMENTO

Obra: OB 187 - Alterações e Ampliação do Edifício de Ensino Pré-Escolar do CCMI	Pedido nº: 001
Local: Leiria	Data: 22-06-2012

ESCLARECIMENTO	
ESPECIALIDADE: AVAC	
ASSUNTO:	
DESCRIÇÃO: 1 - Solicitamos qual o RAL da difusão a aplicar. 2 - Solicitamos localização dos comandos das unidades interiores de VRV. 3 - Visto que a unidade Roof-Top irá servir dois pisos destintos independentemente, gostaríamos de ser informados da localização do controlador da mesma, da sonda de temperatura e humidade e da sonda de qualidade do ar. 4 - No Caderno de Encargos não especificam a localização do Quadro Eléctrico de AVAC e do Posto de Supervisão do Sistema de Gestão Técnico Centralizado. Gostaríamos de ser informados de ambas as localizações. 5 - Localização dos controladores das Unidades de Recuperação (URE1, URE2 e URE3) 6 - Solicitamos qual a marca do equipamento do QE a instalar.	
ANEXOS	Nº PÁG ANEXAS:
ELABOROU:	
SOLICITA RESPOSTA ATÉ:	
MODO DE ENVIO: <input type="checkbox"/> ENTREGUE EM MÃO / REUNIÃO <input type="checkbox"/> FAX / CARTA <input checked="" type="checkbox"/> E-MAIL	

Figura 13 - Pedido de Esclarecimento 1 (CCMI, Leiria)

A resposta a este pedido de esclarecimento foi bastante vaga, informando apenas a localização dos comandos.

Visto que os prazos acordados foram bastante curtos, não foi possível efetuar a compatibilização das especialidades mesmo assim, e porque o caderno de encargos não o disponibilizava, decidiu-se em executar o cálculo dos caudais de ar novo necessários e comparar com os caudais de projeto. Após reunião com o dono de obra, este disponibilizou

a ocupação para os diversos espaços, possibilitando desta forma, a execução do cálculo. Também para meio de salvaguarda, verificou-se o dimensionamento da rede aerólica.

Relativamente aos caudais de ar novo de projeto, estes foram retirados através das peças desenhadas e são os que se apresentam na tabela 13.

Tabela 13 - Caudal de ar novo de projeto (CCMI, Leiria)

Local	Piso	Qprojeto [m³/h]
Polivalente	0	8100
Refeitório 0	1	8100
Refeitório 1	1	2000
Sala de aulas	1	940
Sala de aulas	1	940
Sala de atividades	1	940
Sala de atividades	1	940
Sala de atividades	2	940
Sala de atividades	2	940
Sala de atividades	2	940
Sala de atividades	2	940
Sala de educadoras	2	1100
Sala de atividades diversas	2	1100
Sala dormitório	2	1100

Contudo, com a informação entretanto disponibilizada, foi possível determinar os caudais de ar novo necessário, assim como a taxa de mistura, demonstrados na tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo dos caudais de ar novo e comparação com os caudais de projeto (CCMI, Leiria)

Local	Piso	Área útil de pavimento [m ²]	Pé direito médio [m]	Ocup.	Qmin/Ocup. [m ³ /h]	Qmin/m ² [m ³ /h]	Qmax. [m ³ /h]	Qproj. [m ³ /h]	Taxa de circulação
Polivalente	0	139,75	4,5	70	30	--	2625	8100	13
Refeitório 0	1	234,76	4,5	184	35	--	8050	8100	8
Refeitório 1	1	100,52	3	66	35	--	2888	2100	7
Sala de aulas	1	46,89	3	25	30	--	938	940	7
Sala de aulas	1	46,34	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	1	46,92	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	1	45,96	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	2	53,35	3	25	30	--	938	940	6
Sala de atividades	2	45,78	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	2	50,45	3	25	30	--	938	940	6
Sala de atividades	2	49,41	3	25	30	--	938	940	6
Sala de educadoras	2	34,40	3	--	35	5	215	1100	11
Sala de atividades diversas	2	40,20	3	--	35	5	251	1100	9
Sala dormitório	2	35,07	3	5	30	--	188	1100	10

Desde logo, verificou-se uma insuficiência no caudal de ar novo de projeto para o local Refeitório 1. Também se verificaram algumas incongruências relativamente ao requisito da velocidade do ar na zona ocupada ter que ser inferior a 0,2 m/s. Segundo a regulamentação em vigor, deve usar-se como abordagem prática a metodologia baseada no conceito de taxa de circulação do ar insuflado no espaço (TC), onde pelo 1º critério (ADENE, 2011):

$$TC[h^{-1}] = \frac{\text{Caudal de ar insuflado} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{\text{Volume do espaço} [m^3]} < 0,8$$

Verificou-se assim que em alguns espaços a velocidade do ar na zona ocupada seria superior aos 0,2 m/s recomendados pela lei em vigor.

No que diz respeito à rede aerólica, através de uma régua de cálculo de condutas de ar, verificaram-se algumas dimensões de condutas e tubos spiro e a respetiva velocidade do escoamento, em função do caudal de ar. Chegou-se à conclusão que, quer na conduta de insuflação, quer na conduta de extração da unidade roof-top, para os caudais e as dimensões envolvidas, a velocidade de escoamento iria ser bastante elevada, na ordem dos 7 m/s (insuflação) e 8 m/s (extração), velocidades estas que iriam provocar ruídos na instalação. Esta situação também se verificou para o escoamento da unidade recuperadora de calor com bateria que serve os espaços do piso 2.

Com base nestas verificações, efetuou-se um novo pedido de esclarecimento (figura 14).

PEDIDO DE ESCLARECIMENTO

Obra: OB 187 - Alterações e Ampliação do Edifício de Ensino Pré-Escolar do CCMI	Pedido nº: 002
Local: Leiria	Data: 27-06-2012

ESCLARECIMENTO	
ESPECIALIDADE: AVAC	
ASSUNTO:	
<p>DESCRIÇÃO:</p> <p>1 – Verifica-se que nas condutas de insuflação e extracção provenientes da Roof-Top, os caudais associados a medidas de condutas rectangulares, os escoamentos possuem velocidades na ordem dos 7 e 8 m/s. Julgamos serem velocidades que podem originar ruído na instalação.</p> <p>2 – Verifica-se que na conduta de insuflação da unidade recuperadora de calor com bateria que serve as salas do piso 2, os caudais associados a medidas de condutas rectangulares os escoamentos possuem velocidades na ordem dos 6 m/s. Julgamos serem velocidades que podem originar ruído na instalação.</p> <p>3 – Verifica-se que a unidade recuperadora de calor com bateria que serve o refeitório do piso 1, tem um caudal de ar novo insuficiente para as actividades e ocupação do espaço em questão. Da-se a sugestão de se redimensionar a unidade para um caudal superior.</p> <p>4 – Verifica-se que em alguns espaços do edifício a velocidade do ar na zona ocupada irá ser superior ao 0,2m/s, dando-se a sugestão de se baixar os caudais nos espaços em que isso for possível.</p>	
ANEXOS	Nº PÁG ANEXAS:
ELABOROU:	
SOLICITA RESPOSTA ATÉ:	
MODO DE ENVIO:	<input type="checkbox"/> ENTREGUE EM MÃO / REUNIÃO <input type="checkbox"/> FAX / CARTA <input checked="" type="checkbox"/> E-MAIL

Figura 14 – Pedido de Esclarecimento 2 (CCMI, Leiria)

Na resposta a este pedido de esclarecimento, a equipa projetista autorizou o redimensionamento da unidade recuperadora com bateria do refeitório 1, para um caudal superior ao considerado em projeto. Relativamente às elevadas velocidades de escoamento do ar nas condutas da roof-top e da unidade recuperadora com bateria das salas do piso 2, a solução foi baixar o caudal de insuflação e extração do polivalente, pois estavam demasiado elevados, enquanto que na zona da “courete” essa velocidade teria que se manter.

Para a situação da velocidade elevada do ar na zona ocupada, em conversa telefónica com o diretor de obra da empresa construtora, a solução adotada foi baixar o caudal nos espaços em que isso fosse possível. Assim, apresentam-se na tabela 15, os caudais de ar novo corrigidos.

Tabela 15 - Cálculo dos caudais de ar novo corrigidos (CCMI, Leiria)

Local	Piso	Área útil de pavimento [m ²]	Pé direito médio [m]	Ocup.	Qmin/Ocup. [m ³ /h]	Qmin/m ² [m ³ /h]	Qmax. [m ³ /h]	Qproj. [m ³ /h]	Taxa de circulação
Polivalente	0	139,75	4,5	70	30	--	2625	5000	8
Refeitório 0	1	234,76	4,5	184	35	--	8050	8100	8
Refeitório 1	1	100,52	3	66	35	--	2888	3000	10
Sala de aulas	1	46,89	3	25	30	--	938	940	7
Sala de aulas	1	46,34	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	1	46,92	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	1	45,96	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	2	53,35	3	25	30	--	938	940	6
Sala de atividades	2	45,78	3	25	30	--	938	940	7
Sala de atividades	2	50,45	3	25	30	--	938	940	6
Sala de atividades	2	49,41	3	25	30	--	938	940	6
Sala de educadoras	2	34,40	3	--	35	5	215	800	8
Sala de atividades diversas	2	40,20	3	--	35	5	251	800	7
Sala dormitório	2	35,07	3	5	30	--	188	800	8

Posta esta situação, verificou-se que tanto os caudais de ar novo como as velocidades do ar nas zonas ocupadas estavam regulamentares. Note-se que para o refeitório 1, apesar de a taxa de circulação ser superior a 8, pelo 2º critério (ADENE, 2011) caso o 1º critério não se cumpra o caudal total de ar insuflado no espaço, não deverá ultrapassar o valor de

30 m³/(h.m² de pavimento), atendendo a que a unidade terminal de difusão está a 3 metros de altura do pavimento. (ADENE, 2011)

4.2. Preparação de obra

Após a análise do projeto, passa-se à preparação da obra, sendo necessário elaborar vários elementos essenciais ao futuro bom funcionamento da obra, particularmente ao nível dos prazos.

Um ponto especialmente importante nesta fase é a elaboração das Fichas Técnicas para Aprovação de Material/Equipamento (FTAM). Também é nesta etapa que se questiona a possibilidade de instalação de equipamentos de marcas alternativas aos propostos no caderno de encargos, se se achar conveniente. O objetivo da realização das FTAM é que a entidade fiscalizadora fique na posse de toda a documentação técnica dos equipamentos e materiais que se pretendem instalar, podendo posteriormente aprovar ou não os materiais e equipamentos.

Na obra do CCMI não se propuseram equipamentos de marcas alternativas, pelo que se submeteram à aprovação os equipamentos propostos no caderno de encargos. A figura 15 ilustra a FTAM da unidade roof-top.

PEDIDO DE APROVAÇÃO MATERIAIS EQUIPAMENTOS SISTEMAS			
Obra: OB 187 - Alterações e Ampliação do Edifício de Ensino Pré-Escolar do CCMI		Pedido nº: AVAC 013	
Local: Leiria		Data: 29-06-2012	
<input type="checkbox"/> MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPAMENTO <input type="checkbox"/> SISTEMA <input type="checkbox"/> OUTRO			
CARACTERIZAÇÃO			
DESCRIÇÃO: Unidade Rooftop			
MARCA / SÉRIE / MODELO: Lennox / BAH D38 SHM3M RE BEH - UCA 1			
FORNECEDOR: Lennox			
APLICAÇÃO (LOCAL / PROCESSO): Piso 2			
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA			
<input type="checkbox"/> CADERNO DE ENCARGOS:			
<input type="checkbox"/> PROJECTO:			
<input type="checkbox"/> MAPA DE QUANTIDADES:			
<input type="checkbox"/> OUTROS:			
<input checked="" type="checkbox"/> PREVISTO EM PROJECTO <input type="checkbox"/> ALTERNATIVA			
ANEXOS		Nº PÁG ANEXOS:	
<input checked="" type="checkbox"/> CATALOGOS	<input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICADOS DE CONFORMIDADE CE	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	<input type="checkbox"/> PLANO DE MONTAGEM
<input type="checkbox"/> AMOSTRAS	<input type="checkbox"/> DOCUMENTO DE HOMOLOGAÇÃO	<input type="checkbox"/> BOLETIM DE ENSAIOS	<input type="checkbox"/> OUTRO

Figura 15 - Exemplo de FTAM de roof-top (CCMI, Leiria)

Neste caso em particular, foi proposta uma unidade roof-top da mesma marca, mas com características diferentes das prescritas no caderno de encargos. Assim, citando a resposta da entidade fiscalizadora à FTAM, “Após análise dos cálculos de pressão estática, consideremos que a alternativa deverá ser aceite desde que o instalador dimensione o atenuador de som externo para uma perda de 30 Pa e a do filtro F5 externo para uma perda de carga de 100 Pa para a colmatção média”, verificou-se uma perda de carga de 16 Pa no atenuador na condução de insuflação e 14 Pa na condução de extração. Também se confirmou

com o fornecedor do filtro F5 que a perda de carga do mesmo, para colmatção média, seria inferior a 100 Pa. Os restantes materiais e equipamentos foram devidamente aprovados.

Entre outras preparações, como o planeamento de execução da obra, que passou por definir as datas das várias tarefas a serem executadas, criou-se uma lista com as características elétricas de todos os equipamentos, para que se pudessem propor para aprovação os quadros elétricos (na data de término do estágio curricular, essa FTAM ainda não tinha sido executada), e fazer-se a seleção dos cabos elétricos de alimentação de potência aos equipamentos. Na figura 16 apresenta-se o quadro de potências elétricas dos equipamentos.

POTENCIAS AVAC						
CCMI	Designação	Tensão (V)	Quantidades	Amperes (A)	Cabos	Distancia
Equipamentos						
Roof Top	UCA1	400	1	44,7	5 x 10	16
VRV Exterior	U.E	400	1	32	5 x 6	10
VRV Interior - Piso 1	U.I 1 a 4	230	4	1,1	3 x 2,5	64
VRV Interior - Piso 2	U.I 4 a 8	230	4	1,1	3 x 2,5	68
Unidade Recuperação c/ bateria	URE1	400	1	24,5	5 x 4	23
Unidade Recuperação c/ bateria	URE2	400	1	24,5	5 x 4	21
Unidade Recuperação s/ bateria	URE3	400	1	13	5 x 2,5	16
Ventilador extração	VEX-1	230	1	4,9	3 x 2,5	21
Ventilador extração	VEX-2	230	1	4,7	3 x 2,5	9
Ventilador das Hottes Piso 1	V Hotte Piso 1	230	1	4,9	3 x 2,5	30
Registos de Caudal Motorizados P1	RC	24	8	0,1	oliflex 3 x 0,75	88
ventilador extração parede		230	1	0,2	3 x 2,5	26
Ligação ao comando GTC		230	1	1		

Figura 16 - Quadro de potências de AVAC (CCMI, Leiria)

4.3. Execução da obra

Quando todas as preparações necessárias para execução da obra estão aprovadas, passa-se para a execução da obra, sendo necessário definir-se a entrada em obra, de forma a garantir organização e segurança nos trabalhos de execução. Durante esta fase deve proceder-se à montagem de todos os equipamentos e materiais de forma correta.

De realçar os principais trabalhos a executar nas instalações de AVAC:

- **Traçados aerólicos e hidráulicos:**

A montagem dos traçados aerólicos deve-se executar, quer nas suas dimensões, quer nos locais a instalar, conforme é definido em projeto. Para uma correta instalação, as fixações devem ficar devidamente alinhadas. Aquando da instalação de traçados aerólicos, estes devem-se tamponar imediatamente, para que se mantenham sem sujidade até ao arranque da instalação (Figura 17).



Figura 17 - Exemplo de montagem de conduta (CCMI, Leiria)

Quando se trata de linhas isoladas, o isolamento deve ser aplicado corretamente, isto é, sem folgas nem descontinuidades. Nas espessuras dos isolamentos devem-se usar os valores impostos no RSECE, tal como prescrito no se Anexo III.

- **Montagem de equipamentos:**

Os equipamentos devem-se instalar conforme projeto, com os apoios devidamente alinhados e com apoios anti-vibráticos. Para uma correta ligação às redes aerólicas e hidráulicas, devem-se aplicar lonas ou juntas antivibráticas, consoante o equipamento, para que a vibração não se propague para a restante instalação.

A todos os equipamentos com ligações de potência, devem fazer-se as ligações equipotenciais. Note-se que para uma boa instalação elétrica, todos os cabos elétricos devem ser instalados em esteiras metálicas, sendo que estas deverão ser sempre montadas por cima das restantes.

Durante a execução da obra do CCMI, as redes aerólicas sofreram bastantes alterações, quer devido a conflitos entre especialidades, quer por opção do Arquiteto. Uma das mais significativas, que levou a um redimensionamento, foi a divisão da conduta de retorno no refeitório 0 e polivalente, em duas condutas (figura 18).

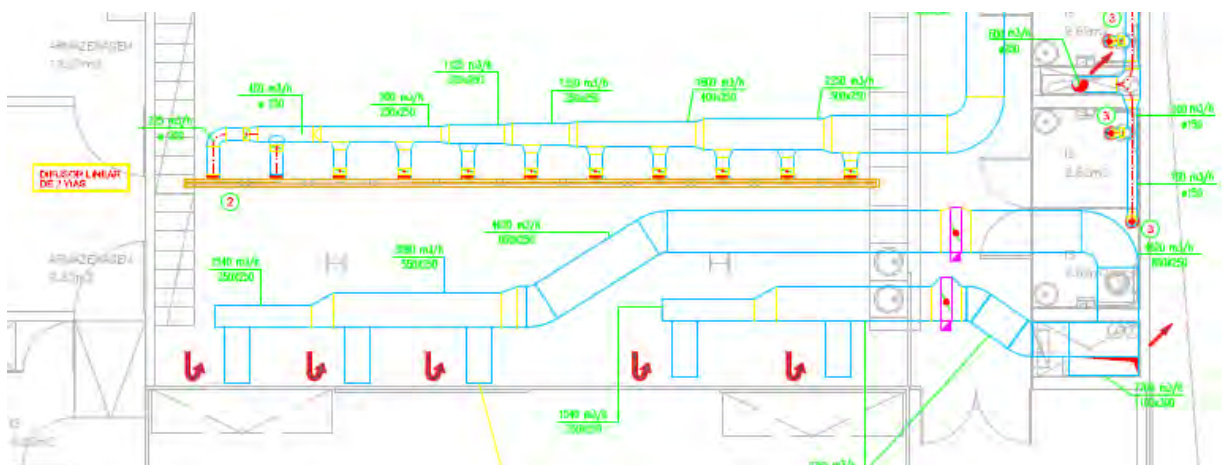


Figura 18 - Preparação da conduta de retorno da Roof-top, refeitório 0 e polivalente (CCMI, Leiria)

Nesta preparação, visto que as condutas da rede de projeto já estavam produzidas e em obra, teve que se realizar um trabalho a mais. Nesse trabalho a mais tentou-se ao máximo aproveitar as condutas já produzidas, não agregando elevados custos ao dono de obra.

Numa fase mais avançada da obra, foi solicitado pelo dono de obra a instalação de um sistema de ventilação para uma hotte no refeitório 1. Para esta preparação foi necessário dimensionar a rede aerólica, assim como o ventilador de extração. Efetuou-se então uma visita à obra para verificar o local de instalação da hotte e reunir com o dono de obra para obter mais dados. Concluiu-se então que seria uma hotte parietal não motorizada, para extração de vapores, com 2,7 metros de comprimento e 1 metro de profundidade.

Para o cálculo de uma hotte, o valor principal a determinar é o caudal de ar aspirado (Monteiro, 2009). Uma fórmula prática de calcular o caudal de aspiração é recorrer a coeficientes de multiplicação. Estes coeficientes práticos resultam da passagem de um determinado caudal de ar pelos filtros, a uma determinada velocidade (Monteiro, 2009).

Assim vem:

$$Q_{asp} = A_A \times C_{MH}$$

em que Q_{asp} é o caudal em m^3/h ; A_A é a área aberta da hotte em m^2 e C_{MH} é o coeficiente de multiplicação.

Visto que esta hotte é para extração de vapores, não necessita de filtragem, pelo que o coeficiente C_{MH} toma o valor de 900 (Monteiro 2009).

Então:

$$Q_{asp} = 2,7 \times 1 \times 900 = 2430 \text{ m}^3/\text{h}$$

Geralmente, os ventiladores de extração de hottes deverão ser de transmissão indireta e possuir a característica de 400 °C / 2 horas, mas visto que esta hotte é para extração de vapores assumiu-se um ventilador de extração de transmissão direta.

De acordo com as informações disponibilizadas pelo fornecedor da hotte, esta induzia uma perda de carga de aproximadamente 64 Pa. Para a perda de carga da rede considerou-

se o valor de 3 Pa/m incluindo acessórios, pelo que para 13 m lineares se obteve o valor de 103 Pa.

Assim, seleccionou-se o ventilador de extração da marca France Air™ modelo Modulys Ext 500B, com a seguinte curva de seleção (figura 19). As restantes características técnicas encontram-se no anexo H.

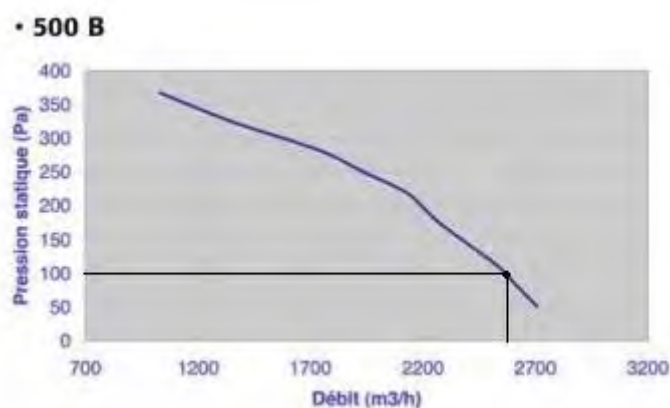


Figura 19 - Curva de seleção do ventilador Modulys Ext 500B (France Air, 2011)

Para o dimensionamento da rede aerólica considerou-se uma velocidade de 8 m/s, velocidade que é recomendada nas boas práticas para extração de hottes. Optou-se por uma conduta de secção retangular devido à falta de altura do teto falso. Assim, para um valor de perda de carga constante, com velocidade de 8 m/s determinou-se uma conduta de secção de 150x500 mm (altura x largura).

Para além dos momentos referidos na execução da obra, muitos outros ficaram por relatar, nomeadamente a negociação de valores de equipamentos/materiais; realização de encomendas; elaboração do processo de faturação; elaboração de atas de reunião; reuniões internas com os técnicos de obra da empresa; preparação para execução de maciços; preparação para implementação das portas de visita segundo a EN12097 (CEM, 2006); etc.

4.4. Fecho de obra

Quando as etapas anteriores estiverem concluídas, deve-se então começar a elaborar o processo final de obra, que passa pela realização das seguintes etapas:

- Documentação processual;
- Declaração do técnico responsável (TIM III e TQAI);
- Termo de responsabilidade pela execução e construção do sistema de climatização;
- Documentação Técnica:
 - a. Peças desenhadas – Com a execução da obra existem quase sempre alterações ao projeto, daí a necessidade de se atualizar os desenhos de forma a haver uma coerência entre o projeto e o que está executado;
 - b. Manual de operação e manutenção – Com estes manuais garante-se um manuseamento e manutenção correta dos equipamentos instalados;
 - c. Lista de fornecedores – Com esta lista, sempre que houver necessidade de substituir ou efetuar qualquer reparação, o cliente sabe quem foi o fornecedor do respetivo equipamento/material;
 - d. Plano de manutenção preventiva – Com este plano, o dono de obra fica com o conhecimento das atividades de manutenção que deve respeitar para um correto funcionamento da instalação;
 - e. Fichas de ensaio;
 - f. Esquemas de princípio – Estes esquemas ajudam o dono de obra a ter a informação sobre o funcionamento da instalação;
 - g. Certificados dos equipamentos/materiais instalados.

Aquando do fim do estágio curricular, a obra do CCMI ainda estava em fase execução, pelo que não se apresenta nenhum relato de telas finais. Ainda assim, em apoios prestados

a outras obras em fases mais adiantadas, como as Lojas Limurbe – Leiria; Moradia Sérgio Conceição – Albufeira; Requalificação dos Pisos 3 e 4 da PT – Faro, elaboraram-se as telas finais com toda a documentação processual e técnica acima mencionada.

5. OUTRAS TAREFAS DESENVOLVIDAS

Durante todo o estágio, outras tarefas não associadas diretamente à Engenharia Mecânica foram sendo propostas. Destas, salientam-se o transporte de material para obra e a participação num inventário do material em stock. Na parte final do estágio curricular foi-me proposto ficar responsável pelo envio de toda a documentação de segurança para as obras, assim como a documentação mensal para a continuidade de todos os colaboradores da empresa nas obras de forma legal.

6. CONCLUSÃO

Após nove meses de estágio curricular, conclui-se que os objetivos gerais do estágio foram atingidos, o que acresce a esses uma integração conseguida no seio de uma empresa na área de AVAC, desempenhando as funções que foram sendo propostas com o máximo rigor.

Nas três fases principais do estágio (orçamentação, projeto e direção de obra), foi no apoio ao projeto que a aprendizagem técnica foi mais elevada. Apesar de não se terem efetuado todos os dimensionamentos que a remodelação deste projeto requeria, estabeleceu-se um forte contacto com a realidade na elaboração de projetos de grandes edifícios de serviços. No projeto apresentado neste documento, a opção por um sistema de VRV foi a mais acertada, pois conseguiu-se reduzir o custo inicial do sistema. A decisão de implementação de um sistema de aquecimento central nas instalações sanitárias também se confirmou ser a melhor opção, pois eleva o nível de conforto dos utilizadores e apresenta igualmente um baixo custo inicial, visto que a caldeira já era existente. De salientar, contudo, que a implementação de uma bomba de calor de alta temperatura teria sido uma mais-valia para o sistema.

A orçamentação foi sempre acompanhando todo o período do estágio, tendo-se notado uma enorme evolução na análise e interpretação de projetos. Realça-se o contacto com um elevado número de diferentes projetos e um conhecimento aprofundado das marcas de equipamentos de AVAC, bem como dos valores envolvidos num projeto de climatização.

As duas primeiras fases foram preponderantes para introdução da direção de obra. Nesta fase, a mais determinante de todo o estágio, a capacidade de analisar problemas em obra e de encontrar as soluções mais adequadas foi essencial.

De um modo geral, a opção por estágio curricular foi a mais acertada, visto que foi possível aplicar a aprendizagem teórica, mas sobretudo adquirir uma vasta experiência prática em situações reais.

7. BIBLIOGRAFIA

[ADENE, 2011] – Perguntas & Respostas RSECE – QAI, Versão 2.0, Maio 2011;

[Alexandre, 2006] – Celso Simões Alexandre, “Distribuição de Ar”, 1ª edição, Edições Nova Técnica, Brasil 2006;

[CEM, 2006] – Comité Europeu de Normalização, European Standard EN12097:2006, “Ventilation for Buildings – Ductwork – Requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems”, Setembro de 2006;

Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril – “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)”;

Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril – “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)”.

[France Air, 2011] – France Air “Guia de Soluções de Aerólica e Climatização 2011 - 2012”;

[Isolani, 2008] – Peraldo Isolani, “Manual do Consumidor – Eficiência Energética nos edifícios residenciais”, Lisboa Maio 2008;

[Miraldo, 2009] – Pedro Miraldo, “Sebenta de Climatização”, ISEC 2009;

[Mitsubishi Electric, 2011] – Mitsubishi Electric, “Catálogo de Produtos 2011/12”;

[Monteiro 2009] – Victor Monteiro, “Ventilação em unidades hoteleiras”, 2ª edição, Edições LIDEL, 2009;

[Roca, 2011] – Roca “Tabela 12, Preços recomendados de venda ao público”, Março de 2012;

[Roriz, 2007] – Luís Roriz, “Climatização, conceção instalação e condução de sistemas”, 2ª edição, Edições Orion, Portugal 2007;

[USDOE, 2012] – United States Department of Energy, EnergyPlus, energy simulation software, www.energy.gov (acedido em Agosto de 2012);

[www.climacer.com] – (acedido em Setembro de 2012);

8. ANEXOS

Anexo A – Tabela completa de seleção das unidades interiores.

**Anexo B – Características técnicas Unidade Interiores VRV
(PKFY-P e PEFY-P).**

Anexo C - Características técnicas Unidade Exteriores VRV (PUHY-P).

Anexo D – Características técnicas Radiadores Aluminio (Dubal 70).

Anexo E – Características técnicas Coletores Solares (SOL 250).

Anexo F – Relatórios completos Solterm™.

Anexo G – Peças desenhadas de projeto (CCMI).

**Anexo H - Características técnicas ventilador extração (Moduly's
EXT 500B).**